



15 septembre 2006 – 31 décembre 2006

Etude en support au « Plan Pluies » pour la  
Région de Bruxelles-Capitale

Annexe au rapport de synthèse :

Contexte urbain de chaque ville  
Mesures structurelles de gestion des eaux pluviales : techniques  
préventives mises en œuvre

Benoit Thielemans  
Catherine Lejeune  
ISA St-Luc – ceraa asbl

# Etude en support au « Plan Pluies » pour Bruxelles-Capitale

**Objet :** « Suivant les termes de références, la mission porte sur la rédaction d'un dossier consacré à l'étude de « Stratégies globales mises en œuvre hors Région de Bruxelles-Capitale : aspects généraux, techniques et instruments utilisés dans la mise en œuvre/analyse, évaluation, communication » en vue de documenter les réflexions liées à la production du Plan Pluies pour Bruxelles-Capitale ».

L'étude devra porter spécifiquement sur un retour d'expérience de prévention et de gestion des inondations, principalement due à la saturation des égouts et de collecteurs (voire d'étangs en tête de bassin) en zone urbaine, suite à des pluies de forte intensité et de brève durée.

## TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	2
BORDEAUX .....	7
I. CONTEXTE URBAIN : .....	7
1. Les composantes naturelles du cycle de l'eau : .....	7
2. Urbanisation - de Bordeaux à la Communauté Urbaine de Bordeaux: .....	9
2.1. Le développement urbain et ses effets sur le cycle de l'eau : .....	9
2.2. Nombre d'habitants, population : .....	13
3. Bordeaux face aux phénomènes d'inondation : .....	15
3.1. Zones d'inondations recensées : .....	15
3.2. Dates clés : .....	16
3.3. Réactions politiques aux inondations de 1982, date de mobilisation : .....	16
4. Evolution de l'assainissement à Bordeaux : .....	17
4.1. Prise en compte des effets de l'urbanisation : de l'assainissement à l'assainissement compensatoire : .....	17
4.2. Infrastructures d'assainissement actuelles au sein de la Communauté urbaine de Bordeaux : .....	17
4.3. Maillage vert : .....	18
4.3.1. La canalisation des ruisseaux : .....	18
4.3.2. Les milieux naturels : .....	18
II. TECHNIQUES PREVENTIVES MISES EN ŒUVRE : MESURES STRUCTURELLES .....	19
1. Mesures techniques de protection .....	19
1.1. Principes généraux et fédérateurs des mesures structurelles : .....	19
2. Infrastructures collectives centralisées : .....	20
2.1. Des collecteurs et des conduites forcées : .....	21
2.2. 44 bassins d'étalement : .....	21
2.3. 49 stations de pompage : .....	21
2.4. Le télécontrôle centralisé: Ramsès : .....	21
2.4.1. Principes de base : .....	21
2.4.2. Principe de prévention : .....	22
2.4.3. Principe de protection : .....	22
2.4.4. Actions : .....	22
2.4.5. Outils de prévision météorologique : .....	22
3. Les solutions compensatoires : .....	24
3.1. Définition : .....	24
3.2. Evolution : .....	24
3.3. Enseignements – retour d'expérience : .....	25
3.4. Principes techniques : .....	26
3.5. Mise en œuvre dans les espaces collectifs et publics : .....	26
3.5.1. Principes généraux : .....	26
3.5.2. Utilisation des espaces verts : .....	27
3.5.3. Utilisation des voiries : .....	28
3.5.4. Conception des aménagements urbains : .....	28
3.5.4.1. Organisation de l'espace : .....	28
3.5.4.2. Disposition du bâti : .....	29
3.5.4.3. Traitement paysager : .....	29
3.6. Mise en œuvre sur sol privé : .....	30
3.6.1. Principes généraux : .....	30
3.6.2. Les solutions compensatoires individuelles par infiltration : .....	30
3.6.3. Caractéristiques générales : .....	30
3.6.4. Performances : .....	30
3.6.5. Conditions de mise en œuvre : .....	30
3.6.6. Les contrôles .....	32
3.6.6.1. Au niveau de la conception : .....	32
3.6.6.2. Au niveau de la réalisation : .....	32
3.7. Conditions d'efficacité : contrôle, entretien et suivi dans le temps : .....	32

3.7.1. Au niveau de la conception :	32
3.7.2. Au niveau de la réalisation :	33
3.7.3. A la réception des ouvrages :	33
3.7.3.1. Procédures de contrôle :	33
3.7.4. Le suivi dans le temps :	34
<b>4. Problèmes de pollution des eaux pluviales :</b>	<b>35</b>
<b>4.1. Origine de la pollution :</b>	<b>35</b>
<b>4.2. Caractéristiques de la pollution :</b>	<b>35</b>
<b>4.3. Moyens d'action :</b>	<b>36</b>
4.3.1. Les actions préventives :	36
4.3.2. Les actions curatives :	36
4.3.2.1. La décantation :	36
4.3.2.2. La filtration au travers de structures poreuses :	37
4.3.2.3. Les dispositifs « au fil de l'eau » spécifiques à la dépollution :	37
4.3.2.4. Les rendements observés :	38
4.3.2.4. Exemple d'un cas particulier : le bassin de la Grenouillère, ouverture fin 2001.....	38
<b>4.4. Le devenir de la pollution extraite :</b>	<b>40</b>
4.4.1. Les produits de décantation :	40
4.4.2. Les produits de décolmatage :	41
<b>5. Retour d'expérience :</b>	<b>42</b>
<b>5.1. Les points positifs :</b>	<b>42</b>
<b>5.2. Les points négatifs :</b>	<b>42</b>
<b>5.3. Approche actuelle :</b>	<b>42</b>
<b>LILLE – LILLE METROPOLE COMMUNAUTE URBAINE.....</b>	<b>43</b>
<b>I. CONTEXTE URBAIN :</b>	<b>43</b>
<b>1. Nombre d'habitants, population :</b>	<b>43</b>
1.1. Données générales sur Lille métropole Communauté Urbaine :	43
1.2. Densité :	44
<b>2. Historique face aux phénomènes d'inondation par ruissellement des eaux de pluie :</b>	<b>45</b>
2.1. Origines et évolution des phénomènes d'inondation :	45
2.1.1. Le problème des eaux pluviales :	45
2.1.2. Des risques d'inondations aggravés par l'imperméabilisation des sols :	45
2.1.3. L'héritage de l'industrialisation et de l'urbanisation :	45
2.1.4. Amélioration du traitement de l'eau :	46
2.2. Dates clés :	46
2.3. Réactions politiques face aux inondations :	46
<b>3. Urbanisation :</b>	<b>48</b>
3.1. Structure urbanistique actuelle :	48
3.2. Prise en compte des effets de l'urbanisation :	48
3.3. Niveau environnemental :	48
3.3.1. Trois objectifs majeurs projetés :	48
3.3.2. Une métropole liée à l'eau :	48
<b>II. TECHNIQUES PREVENTIVES MISES EN ŒUVRE : MESURES STRUCTURELLES :</b>	<b>50</b>
<b>1. Mesures techniques de protection :</b>	<b>50</b>
1.1. Limiter l'imperméabilisation des sols :	50
1.2. Traiter les eaux pluviales : principes de base :	50
1.2.1. Le zonage d'assainissement :	51
1.2.2. La situation communautaire :	52
1.3. Chiffres clés de l'assainissement :	52
<b>2. Infrastructures collectives centralisées :</b>	<b>53</b>
2.1. Assainissement collectif : définition :	53
2.2. Assainissement collectif : mode de fonctionnement :	53
2.2.1. Les deux types de réseau :	53
2.3. Contrôle du système d'assainissement :	53
2.3.1. Télésurveillance et télégestion :	53
2.3.2. Eléments de surveillance diffusés sur le territoire de la Communauté Urbaine :	54
<b>3. Infrastructures collectives dispersées.....</b>	<b>55</b>
3.1. Assainissement collectif fractionné : mode de fonctionnement :	55
3.2. Les solutions compensatoires / techniques alternatives de gestion des eaux pluviales :	55
3.2.1. Exemples de techniques alternatives utilisées dans Lille Métropole Communauté Urbaine (Source : Association Douaisienne de Promotion des Techniques Alternatives) :	55
3.2.2. Principes de dimensionnement des ouvrages :	56
3.2.2.1. Paramètres à prendre en compte dans un projet de gestion des eaux pluviales :	56
3.2.2.2. Le dimensionnement des ouvrages :	56
3.2.2.3. Les méthodes de dimensionnement :	57
<b>4. Infrastructures individuelles / sur sol privé (diffuses).....</b>	<b>58</b>
4.1. Assainissement non collectif : définition et mode de fonctionnement :	58
4.2. Application au particulier :	58

4.3. Entretien d'une installation d'assainissement non collectif :	58
<b>5. Les mesures de dépollution des eaux pluviales :</b>	<b>59</b>
5.1. Pollution de la nappe :	59
5.1.1. Principes généraux :	59
5.1.2. Limitation de la pollution à la source :	59
<b>7. Gestion des infrastructures :</b>	<b>60</b>
7.1. Pérennité et entretien, principes généraux :	60
7.1.1. Principe du curage :	60
7.1.2. Intervenants pour le curage :	60
<b>TOURNAI .....</b>	<b>61</b>
<b>I. CONTEXTE URBAIN :</b>	<b>61</b>
1. Les composantes naturelles du cycle de l'eau :	62
2. Nombre d'habitants, population :	63
2.1. Données générales :	63
3. Historique face aux phénomènes d'inondation par ruissellement des eaux de pluie:	63
3.1. Origine et évolution des phénomènes d'inondation :	63
3.1.1. Constats des dix dernières années :	63
3.1.2. L'été 2005 :	63
3.2. Résultats de l'analyse AFOM (DGATLP), constatations :	63
3.2.1. Atouts :	63
3.2.2. Faiblesses :	63
3.2.3. Opportunités :	63
3.2.4. Menaces :	64
3.3. Causes des inondations :	64
3.4. Réactions politiques face aux inondations :	64
3.4.1. Réactions au niveau régional :	64
4. Urbanisation :	65
4.1. Typologie du bâti et morphologie du développement urbain :	65
4.2. Eléments du relief :	65
<b>II. TECHNIQUES PREVENTIVES MISES EN ŒUVRE : MESURES STRUCTURELLES :</b>	<b>67</b>
1. Mesures techniques de protection :	67
<b>FRIBOURG EN BRISGAU (QUARTIERS VAUBAN ET RIESELFELD).....</b>	<b>68</b>
<b>I. CONTEXTE URBAIN :</b>	<b>68</b>
1. Nombre d'habitants, population : répartition, densité,...	68
1.1. Démographie et population :	68
2. Historique face aux phénomènes d'inondation par ruissellement des eaux de pluie :	70
2.2. Réactions politiques aux inondations :	70
3. Affectation du sol :	71
3.1. Quartier Vauban - description de la structure urbaine :	72
3.2. Quartier Rieselfeld - description de la structure urbaine :	72
4. Urbanisation :	73
4.1. Développement urbain Ville de Fribourg en Brisgau	73
4.1.1. Ville de Fribourg :	73
4.1.2. Quartier Vauban :	74
4.1.3. Quartier Rieselfeld :	74
4.2. Structure urbanistique actuelle :	75
4.2.1. Quartier Vauban :	75
4.2.2. Quartier Rieselfeld :	77
7. Composantes spécifiques du cycle de l'eau naturel :	78
<b>II. STRATÉGIES, PLANS, RÉGLEMENTATIONS : MESURES NON-STRUCTURELLES</b>	<b>82</b>
1. Instruments de planification :	82
2. Instruments réglementaires :	82
3. Instruments économiques :	83
4. Instruments informationnels :	84
5. Modalités de prise en compte des critères de durabilité :	84
<b>III. TECHNIQUES PRÉVENTIVES MISES EN ŒUVRE : MESURES STRUCTURELLES</b>	<b>85</b>
1. Mesures techniques de protection :	85
1.1. Au niveau de la ville de Fribourg :	85
1.2. Quartier Vauban :	86
1.3. Quartier Rieselfeld :	89
2. Infrastructures collectives centralisées :	93
2.1. Quartier Vauban :	93
3. Infrastructures collectives dispersées :	94
4. Infrastructures individuelles (diffuses) :	94
5. Effets attendus :	95

IV. MODALITÉS DE FINANCEMENT ET STRUCTURE DE COÛTS : .....	97
<b>ANNEXE I : .....</b>	<b>98</b>
<b>I. LES RÉSERVOIRS DE STOCKAGE : BASSINS DE RETENUE : BASSINS À SEC : .....</b>	<b>98</b>
1. <i>Principes de fonctionnement et avantages</i> : .....	98
2. <i>Critères pour une bonne réalisation</i> : .....	100
3. <i>Conception, dimensionnement et infiltration</i> : .....	100
3.1. Conception : .....	100
3.2. Dimensionnement : .....	101
3.3. Infiltration : .....	102
4. <i>Questions sur l'entretien, fréquence</i> : .....	102
5. <i>Coût</i> : .....	103
<b>II. LES RÉSERVOIRS DE STOCKAGE : BASSINS DE RETENUE : BASSINS EN EAU : .....</b>	<b>104</b>
1. <i>Principes de fonctionnement et avantages</i> : .....	104
2. <i>Critères pour une bonne réalisation</i> : .....	104
3. <i>Conception, dimensionnement et infiltration</i> : .....	104
4. <i>Questions sur l'entretien, fréquence</i> : .....	105
5. <i>Coût</i> : .....	105
<b>III. LES RÉSERVOIRS DE STOCKAGE : BASSINS DE RETENUE : BASSINS COUVERTS : .....</b>	<b>106</b>
<b>IV. LES RÉSERVOIRS DE STOCKAGE : CANALISATIONS SURDIMENSIONNÉES .....</b>	<b>107</b>
1. <i>Principes de fonctionnement</i> : .....	107
2. <i>Questions sur l'entretien, fréquence</i> : .....	107
<b>V. LES RÉSERVOIRS DE STOCKAGE : NOUES : .....</b>	<b>108</b>
1. <i>Principes de fonctionnement et avantages</i> : .....	108
2. <i>Critères pour une bonne réalisation</i> : .....	109
3. <i>Conception et dimensionnement</i> : .....	109
3.1. Dimensionnement : .....	110
3.2. Conception : .....	111
4. <i>Questions sur l'entretien, fréquence</i> : .....	112
5. <i>Coût</i> : .....	112
<b>VI. LES STRUCTURES RÉSERVOIRS : GÉNÉRALITÉS : .....</b>	<b>113</b>
1. <i>Principes de fonctionnement, avantages et inconvénients</i> : .....	113
1.1. Fonctionnement : .....	113
1.2. Avantages : .....	114
1.3. Inconvénients : .....	114
1.3.1. Colmatage : .....	114
1.3.2. Arrachement : .....	115
1.3.3. Effet du gel – viabilité hivernale : .....	115
1.4. Limites d'utilisation : .....	116
1.4.1. Les lotissements de constructions libres : .....	116
1.4.2. Les aires de giration des poids lourds : .....	116
1.4.3. Les aires de stockage de matériaux : .....	116
2. <i>Critères pour une bonne réalisation</i> : .....	117
3. <i>Conception, dimensionnement</i> : .....	118
3.1. Calcul du volume de rétention nécessaire : .....	118
3.2. Choix des matériaux de constitution des structures réservoirs : .....	119
3.3. Evacuation : .....	120
3.4. Chronologie de réalisation : .....	121
3.5. Dispositions constructives : .....	121
4. <i>Questions sur l'entretien, fréquence</i> : .....	121
4.1. Revêtement perméable : .....	121
4.2. Revêtement imperméable : .....	121
4.3. Entretien de la structure réservoir : .....	122
4.4. Entretien des ouvrages hydrauliques : .....	122
4.5. Le fraisage : .....	122
<b>VII. LES STRUCTURES RÉSERVOIRS : CHAUSSÉES ET PARKINGS RÉSERVOIRS : .....</b>	<b>123</b>
1. <i>Principes de fonctionnement et dimensionnement</i> : .....	123
2. <i>Coût</i> : .....	123
<b>VIII. LES STRUCTURES RÉSERVOIRS : TRANCHÉES DRAINANTES PARALLÈLES À LA VOIRIE : .....</b>	<b>124</b>
1. <i>Principes de fonctionnement et avantages</i> : .....	124
2. <i>Critères pour une bonne réalisation</i> : .....	125
3. <i>Conception et dimensionnement</i> : .....	126
3.1. Les trois principaux types de tranchées : .....	126
3.2. Conception : .....	126
3.3. Dimensionnement : .....	127
4. <i>Questions sur l'entretien, fréquence</i> : .....	127

5. Coût :	128
<b>IX. LES TOITURES TERRASSES :</b>	129
1. Principes de fonctionnement et avantages :	129
2. Critères pour une bonne réalisation :	131
3. Conception et dimensionnement :	131
4. Questions sur l'entretien :	132
<b>X. LES PUITES :</b>	133
1. Principes de fonctionnement et avantages :	133
En semi-collectif où les espaces sont particulièrement réduits, ce type de solution reste possible en combinant l'aspect stockage infiltration à un revêtement de surface permettant une autre utilisation de l'espace (place individuelle de parking, ...)	134
2. Critères pour une bonne réalisation :	135
3. Conception et dimensionnement :	135
3.1. Conception :	135
3.2. Dimensionnement :	136
4. Questions sur l'entretien, fréquence :	136
<b>XI. L'AIDE À LA DÉCISION :</b>	137
1. Diagnostiquer le site avant toute action :	137
2. Déterminer les atouts et contraintes du site :	137
3. Proposer un projet d'assainissement pluvial de qualité :	138
4. Choix d'une solution compensatoire :	138
4.1. Définition des types d'opération :	139
4.2. Définition des contraintes préalables :	140
<b>ANNEXE II : ELEMENTS DE CONCEPTION ET DE REALISATION DES TECHNIQUES :</b>	143
I. LE ROLE DES DRAINS (NORMES NFP 16.341 – NF U 51.101 – NFP 16.351)	143
II. LES GEOTEXTILES, GEOMEMBRANES ET FILMS D'ETANCHEITE	145
1. Les géotextiles :	145
2. Les géomembranes :	145
III. LES DISPOSITIFS DE REGULATION :	147
1. Principes de fonctionnement :	147
<b>BIBLIOGRAPHIE :</b>	151
I. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE POUR BORDEAUX :	151
II. DOCUMENTATION VALANT POUR LA FRANCE :	152
III. DOCUMENTS DE REFERENCE POUR LILLE :	153
IV. DOCUMENTS DE REFERENCE POUR TOURNAI :	153
« TOURNAISIS - ARCHITECTURE RURALE DE WALLONIE », PIERRE MARDAGA EDITEUR, 200 PAGES.	154
<b>GLOSSAIRE :</b>	155

# BORDEAUX



Figure 1 – Vue générale de la ville de Bordeaux (source : site api-photo.net)

## I. Contexte urbain :

### 1. Les composantes naturelles du cycle de l'eau :

- un bassin versant en hémicycle de 90 000 hectares
- une topographie en amphithéâtre tourné vers la Garonne et caractérisée par de faibles pentes sur la rive gauche et de forts dénivelés sur la rive droite : plaine alluviale endiguée et coteaux surplombant le fleuve
- 13 500 hectares sous les plus hautes eaux de la Garonne
- un fleuve, la Garonne, avec 7 mètres d'amplitude de marée
- une proximité océanique qui perturbe l'évacuation des eaux
- plus de 150 ruisseaux, jalles (= ruisseaux), esteys (= ruisseaux), berles
- un affleurement d'une nappe phréatique considérable
- une extrême hétérogénéité du sous-sol
- une pluviométrie de type océanique
- une pluviométrie moyenne annuelle de 1 m par an avec des orages violents en été et des pluies hivernales de longue durée

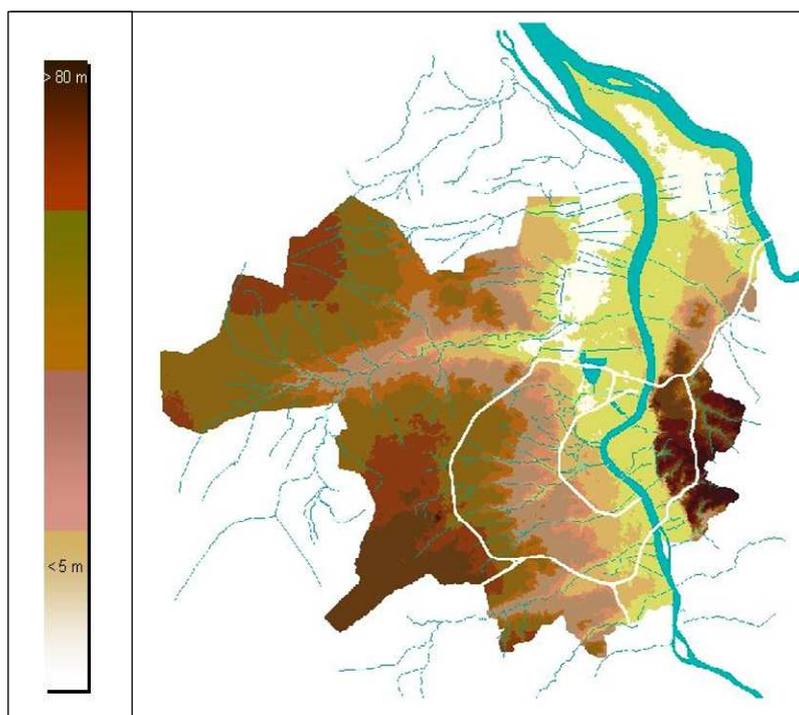


Figure 2 – Bassin versant de la Communauté Urbaine de Bordeaux (source : Pierre Bourgogne, 2006 « Les actions de lutte contre les inondations pluviales » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, présentation PPT, 79 pages)

## 2. Urbanisation - de Bordeaux à la Communauté Urbaine de Bordeaux:

### 2.1. Le développement urbain et ses effets sur le cycle de l'eau :

L'agglomération bordelaise est née du fleuve. La prospérité de Bordeaux – bord'eaux ? – est venue par cet estuaire qui conduisait, depuis le premier méandre, croissant de lune qui donna son nom au port de Bordeaux, jusqu'à l'océan et autres routes de l'Afrique, des Antilles, des Amériques.<sup>1</sup>

L'habitat est caractérisé par un fort étalement du bâti qui veut que les maisons comprennent seulement deux voire trois niveaux. Cette caractéristique a conduit à développer rapidement l'agglomération.

L'urbanisation s'est développée autour du port de Bordeaux de façon concentrique depuis la Garonne, c'est-à-dire de l'aval vers l'amont des nombreux ruisseaux qui traversent la zone urbaine. La rive gauche comporte essentiellement des affectations de logements qui se sont développés de manière concentrique depuis la rive.

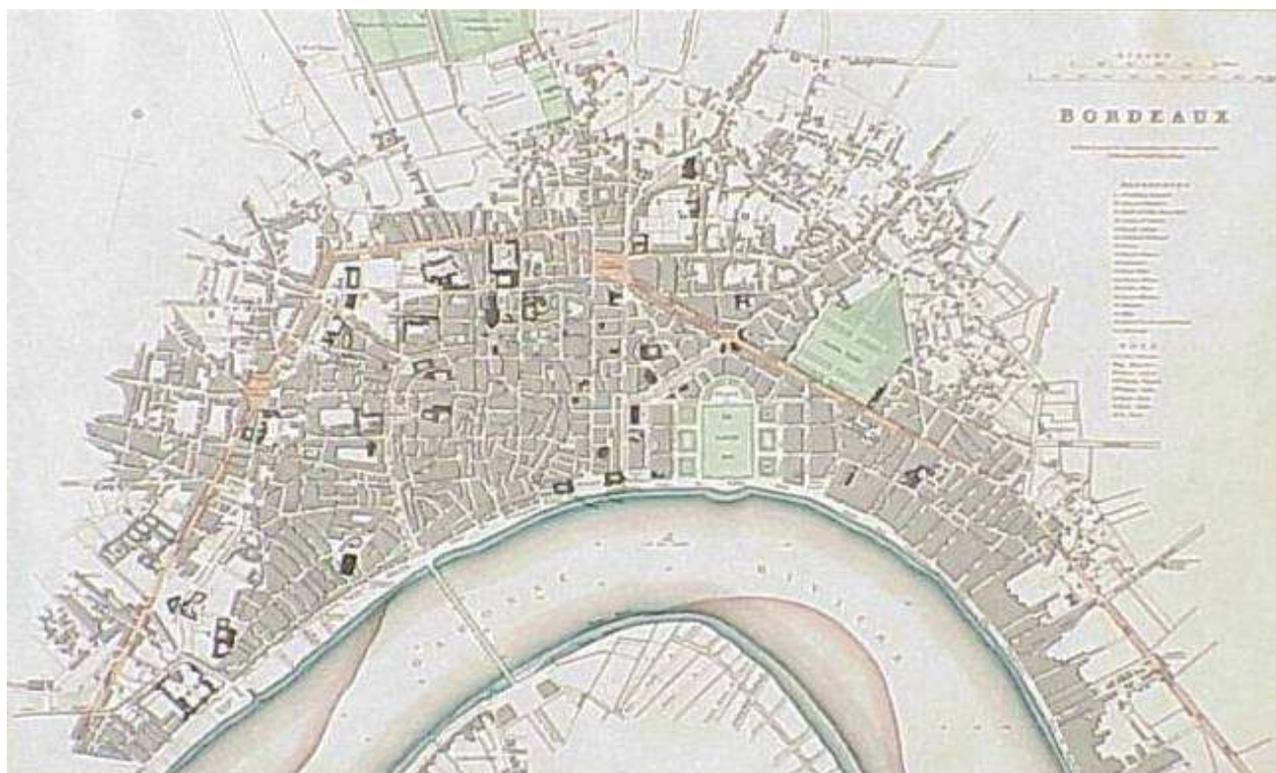


Figure 3 – Carte historique de la ville de Bordeaux datée de 1840

Les premiers grands ouvrages d'assainissement créés à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle ont donc été très vite saturés du fait de l'urbanisation des communes périphériques.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Communauté urbaine de Bordeaux, 2003 « **L'eau dans la vie de la Communauté urbaine de Bordeaux** » Dossier, la revue de la communauté urbaine de Bordeaux N°1, 31 pages.

<sup>2</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

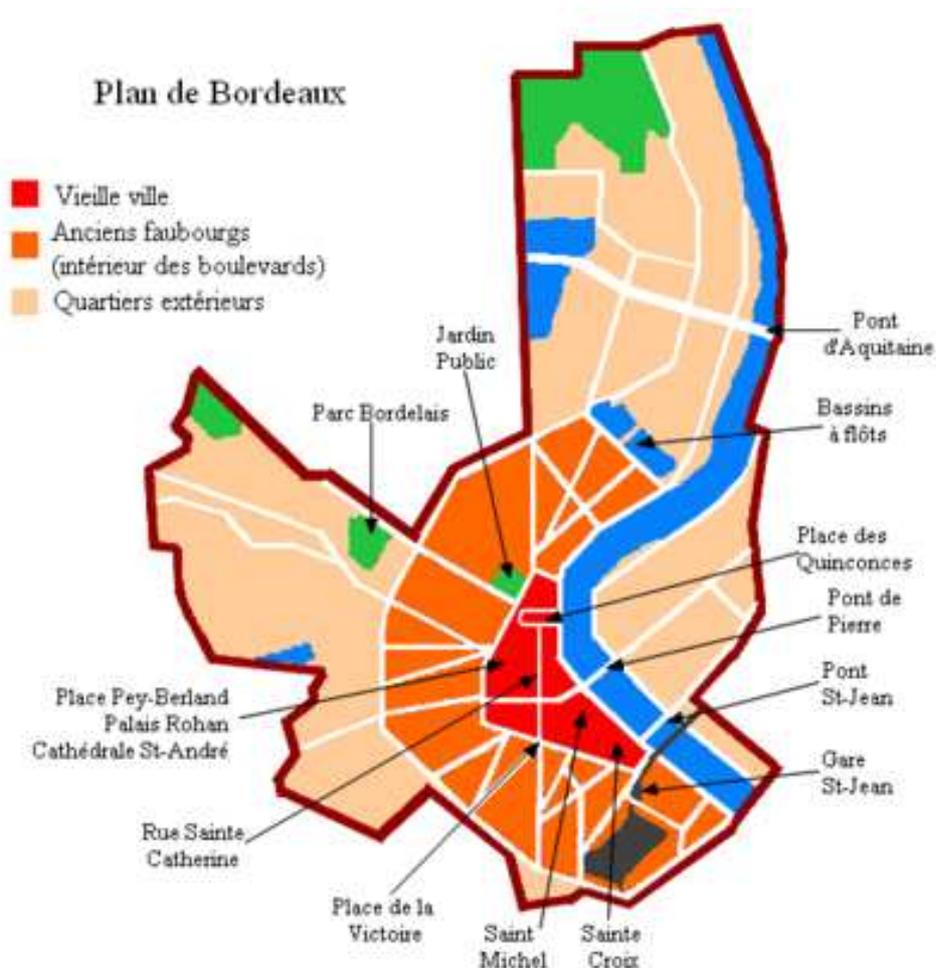


Figure 4 – Plan de Bordeaux et subdivisions schématiques des différents quartiers et activités.

La commune de Bordeaux peut être subdivisée en trois parties distinctes où les quartiers et les types d'activités apparaissent fort différents :

- La vieille ville de Bordeaux
- Les anciens faubourgs (partie située à l'intérieur des boulevards)
- Les quartiers extérieurs : les quartiers de la rive droite de la Garonne se sont développés de manière anarchique et renvoient une image assez dégradée de par, notamment, ses nombreuses industries implantées. La progressive rénovation de ces quartiers, l'implantation de logements et d'un pôle universitaire ainsi que la mise en place du tramway contribuent néanmoins à rehausser la qualité générale des lieux.

Comme la plupart des villes françaises, depuis les années '50, Bordeaux a connu une forte croissance de l'urbanisation caractérisée par l'imperméabilisation des sols, l'évacuation rapide des écoulements, la création d'obstacles à l'écoulement, l'artificialisation des rivières et l'utilisation des milieux naturels comme exutoire. Chacune de ces caractéristiques a généré des impacts sensibles sur le cycle de l'eau [Cf. Encyclopédie de l'hydrologie urbaine]<sup>3</sup> :

- **L'imperméabilisation des sols** (la surface imperméabilisée a décuplée entre 1955 et 1965), d'où une nette augmentation des volumes ruisselés et a contrario une réalimentation des nappes souterraines plus faible.

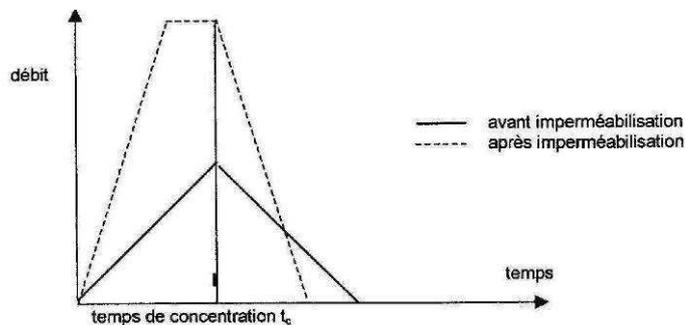


Figure 5 – Impact de l'imperméabilisation sur un hydrogramme de crue pour une pluie saturante (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I » 68 pages)

L'imperméabilisation se traduit par une suppression presque complète de l'infiltration de l'eau dans le sol, provoquant par conséquent un ruissellement quasi immédiat après le début de la pluie, d'où :

-réduction du temps de réponse du bassin versant, en supprimant la temporisation que génère l'infiltration des premières pluies (c'est-à-dire lorsque le sol dispose de sa capacité maximale de rétention) ; la montée des eaux est plus rapide, ce qui constitue un facteur aggravant en termes de risque

-augmentation manifeste du débit de pointe lorsque la pluie est de courte durée, par rapport à un sol naturel qui aurait assuré l'infiltration de la totalité de la pluie

-net accroissement des volumes ruisselés au cours de l'événement ; pour les grands bassins versants, ceci conduit à aggraver la combinaison des apports des sous-bassins et à accroître les hauteurs de submersion dans les zones inondables, les volumes à stocker étant plus importants.

L'impact de l'imperméabilisation est, bien évidemment, variable selon la capacité initiale du sol naturel à l'infiltration et son comportement de surface.

- **L'accélération des écoulements** : le réseau hydrographique naturel, souvent peu pentu, encombré, sinueux,... est remplacé par des conduites rectilignes, plus courtes, avec une bonne pente, d'où une nette augmentation des vitesses d'écoulement et par suite des débits de pointe, donc des risques d'inondation à caractère plus ou moins répétitif. Cette contrainte amène les collectivités à réaliser des investissements de plus en plus lourds pour augmenter la capacité des collecteurs aval souvent situés dans les secteurs les plus agglomérés.<sup>4</sup> Le temps de réponse des bassins versants se trouve réduit, d'où une augmentation du débit de pointe pour une même pluie et un bassin versant sensible à des épisodes pluvieux plus courts donc plus intenses. Cette réduction du temps de réponse peut conduire à une multiplication du débit de pointe spécifique par un facteur allant de 5 à 50.
- **La création d'obstacles à l'écoulement** : certaines infrastructures (routes, voies ferrées,...) notamment peuvent modifier considérablement l'écoulement des eaux superficielles. Souvent construites en remblai par rapport au terrain naturel, elles peuvent constituer de véritables digues ; en tranchée, au contraire, elles peuvent devenir de véritables canaux.

<sup>3</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I » 68 pages.

- **L'artificialisation des rivières urbaines** : la croissance urbaine s'est souvent faite au détriment des cours d'eau, busés, canalisés, enterrés et donc oubliés avec des conséquences très néfastes : perte des possibilités naturelles d'expansion en cas de crue d'où des dommages pouvant être catastrophiques lors d'événement importants, dégradation écologique forte par suppression d'un milieu vivant, perte de la culture de l'eau des citoyens,...
- **La pollution des milieux récepteurs** : les rejets urbains par temps de pluie véhiculent une pollution non négligeable qui peut contribuer à la dégradation des milieux récepteurs sensibles. Cette pollution est relativement spécifique (toxiques métalliques, hydrocarbures,...), concentrée en un nombre relativement limité de points et affecte généralement des secteurs proches des agglomérations donc avec une forte valeur d'usages des milieux aquatiques. On sait aujourd'hui que les eaux de ruissellement peuvent se charger assez fortement en éléments polluants : pollution organique (DCO, DBO5), toxiques métalliques (Zn, Pb, Cd, Ni,..), hydrocarbures... Ces rejets ont, dans certains cas des impacts polluants très négatifs : zones de baignade, secteurs conchylicoles,.. notamment sont des secteurs particulièrement vulnérables à préserver.

---

<sup>4</sup> Communauté Urbaine de Bordeaux, « **La Devèze** » Direction technique de l'assainissement et de l'environnement, fascicule de 6 pages.

## 2.2. Nombre d'habitants, population :

L'agglomération de Bordeaux s'étend bien au-delà de la commune de Bordeaux. Elle est en effet souvent associée à la Communauté Urbaine de Bordeaux, compétente entre autres en matière d'assainissement et de gestion des eaux. Composée de 27 communes, la Communauté Urbaine de Bordeaux ne compte pas moins de 670 000 habitants répartis sur un habitat horizontal peu dense et extrêmement étendu.<sup>5</sup> Il est cependant concentré plus particulièrement en commune de Bordeaux et communes limitrophes et s'étale au fur et à mesure de l'éloignement du centre de Bordeaux.

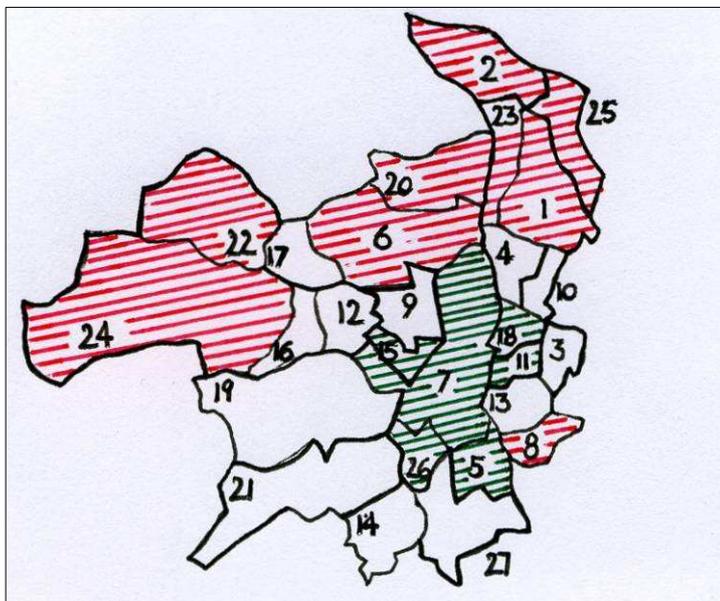


Figure 6 – Carte des différentes densités rencontrées en Communauté Urbaine de Bordeaux : en rouge : les communes ayant une faible densité d'habitat (moins de 500 hab. /km<sup>2</sup>) – en blanc : les communes ayant une densité d'habitat moyenne (entre 500 et 2 000 hab. /km<sup>2</sup>) – en vert : les communes ayant une forte densité d'habitat (plus de 2 000 hab. /km<sup>2</sup>)

- **25. Saint-Vincent-de-Paul** : 76 hab. /km<sup>2</sup> : 1 055 habitants répartis sur 13,88 km<sup>2</sup>
- **2. Ambès** : 97 hab. /km<sup>2</sup> : 2 824 habitants répartis sur 28,85 km<sup>2</sup>
- **22. Saint-Aubin-de-Médoc** : 143 hab. /km<sup>2</sup> : 4 990 habitants répartis sur 34,72 km<sup>2</sup>
- **23. Saint-Louis-de-Montferrand** : 172 hab. /km<sup>2</sup> : 1 864 habitants répartis sur 10,8 km<sup>2</sup>
- **24. Saint-Médard-en-Jalles** : 299 hab. /km<sup>2</sup> : 25 566 habitants répartis sur 85,28 km<sup>2</sup>
- **20. Parempuyre** : 303 hab. /km<sup>2</sup> : 6 613 habitants répartis sur 21,8 km<sup>2</sup>
- **6. Blanquefort** : 412 hab. /km<sup>2</sup> : 13 901 habitants répartis sur 33,72 km<sup>2</sup>
- **8. Bouliac** : 434 hab. /km<sup>2</sup> : 3 248 habitants répartis sur 7,48 km<sup>2</sup>
- **1. Ambarès-et-Lagrave** : 453 hab. /km<sup>2</sup> : 11 206 habitants répartis sur 24,76 km<sup>2</sup>
- **17. Le Taillan-Médoc** : 520 hab. /km<sup>2</sup> : 7 885 habitants répartis sur 15,16 km<sup>2</sup>

<sup>5</sup> Communauté urbaine de Bordeaux, 2003 « L'eau dans la vie de la Communauté urbaine de Bordeaux » Dossier, la revue de la communauté urbaine de Bordeaux N°1, 31 pages ; Pierre Bourgoigne, 2006 « Les actions de lutte contre les inondations pluviales » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, présentation PPT, 79 pages ; Communauté Urbaine de Bordeaux « Ramses – Régulation de l'Assainissement par Mesures et Supervision des Equipements et Stations » fascicule de 8 pages.

- **9. Bruges** : 746 hab. /km<sup>2</sup> : 10 610 habitants répartis sur 14,22 km<sup>2</sup>
- **3. Artigues-près-Bordeaux** : 813 hab. /km<sup>2</sup> : 5 984 habitants répartis sur 7,36 km<sup>2</sup>
- **16. Le Haillan** : 878 hab. /km<sup>2</sup> : 8 133 habitants répartis sur 9,26 km<sup>2</sup>
- **19. Mérignac** : 1 287 hab. /km<sup>2</sup> : 61 992 habitants répartis sur 48,17 km<sup>2</sup>
- **27. Villenave-d'Ormon** : 1 293 hab. /km<sup>2</sup> : 27 500 habitants répartis sur 21,26 km<sup>2</sup>
- **14. Gradignan** : 1 407 hab. /km<sup>2</sup> : 22 193 habitants répartis sur 15,77 km<sup>2</sup>
- **21. Pessac** : 1 468 hab. /km<sup>2</sup> : 57 000 habitants répartis sur 38,82 km<sup>2</sup>
- **12. Eysines** : 1 532 hab. /km<sup>2</sup> : 18 407 habitants répartis sur 12,01 km<sup>2</sup>
- **4. Bassens** : 1 652 hab. /km<sup>2</sup> : 16 972 habitants répartis sur 10,27 km<sup>2</sup>
- **10. Carbon-Blanc** : 1 715 hab. /km<sup>2</sup> : 6 620 habitants répartis sur 3,86 km<sup>2</sup>
- **13. Floirac** : 1 880 hab. /km<sup>2</sup> : 16 157 habitants répartis sur 8,59 km<sup>2</sup>
- **5. Bègles** : 2 256 hab. /km<sup>2</sup> : 22 475 habitants répartis sur 9,96 km<sup>2</sup>
- **18. Lormont** : 2 900 hab. /km<sup>2</sup> : 21 343 habitants répartis sur 7,36 km<sup>2</sup>
- **11. Cenon** : 3 855 hab. /km<sup>2</sup> : 21 283 habitants répartis sur 5,52 km<sup>2</sup>
- **15. Le Bouscat** : 4 253 hab. /km<sup>2</sup> : 22 455 habitants répartis sur 5,28 km<sup>2</sup>
- **7. Bordeaux** : 4 363 hab. /km<sup>2</sup> : 230 000 habitants répartis sur 49,36 km<sup>2</sup>
- **26. Talence** : 4 915 hab. /km<sup>2</sup> : 40 700 habitants répartis sur 8,28 km<sup>2</sup>

Source : fr.Wikipédia.org

### 3. Bordeaux face aux phénomènes d'inondation :

#### 3.1. Zones d'inondations recensées :



Figure 7 : Plan des zones d'inondations recensées en Communauté Urbaine de BORdeaux (source : Communauté Urbaine de Bordeaux, Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement)

### 3.2. Dates clés :

- Avant la création de la Communauté Urbaine de Bordeaux en 1968, il n'existe que peu de données concernant les inondations récurrentes localisées sur le bassin versant de la Garonne. Le phénomène des inondations n'a en effet pas été systématiquement analysé.
- 1968 : Création de la Communauté Urbaine de Bordeaux compétente pour l'action économique, l'eau, l'assainissement, les voiries, la signalisation, l'urbanisme, l'environnement, les cimetières, les transports urbains, les abattoirs, les halles et marchés, les locaux scolaires. Ce regroupement de communes devient ainsi une structure plus adaptée à la gestion de l'assainissement, la commune de Bordeaux ne correspondant plus à la réalité urbaine. La Communauté Urbaine de Bordeaux n'a cependant été opérationnelle sur les questions d'eau qu'à partir de la fin des années '70. Auparavant les communes – dont la ville de Bordeaux – étaient compétentes.
- 31 mai 1982 : Inondations exceptionnelles sur la Communauté urbaine de Bordeaux (et alentours) : précipitations de 81 mm en 60 minutes.
- 2 juin 1982 : précipitations de 44 mm en 54 minutes.<sup>6</sup>

### 3.3. Réactions politiques aux inondations de 1982, date de mobilisation :

- 3 juin 1982 : mise en évidence de deux solutions possibles :

- soit arrêter toute urbanisation dans l'attente de la réalisation des ouvrages d'assainissement nécessaires

- soit poursuivre l'urbanisation, mais en mettant en oeuvre des solutions limitant le risque d'inondation, notamment par le biais de solutions compensatoires mises en place sur l'ensemble de la Communauté Urbaine de Bordeaux permettant de ne pas surcharger les dispositifs déjà mis en place et de maintenir un équilibre durant la période de mise en œuvre d'infrastructures répondant au risque d'inondation

- 18 juin 1982 : création d'une réglementation : la Communauté Urbaine de Bordeaux décide de : « conditionner l'urbanisation augmentant l'imperméabilisation à des mesures compensatoires permettant de ne pas augmenter les débits dans les bassins versants sensibles »
- deux décisions majeures :
  - réaliser des équipements structurants liés à l'urbanisation existante
  - ouvrir à l'urbanisation conditionnée (cfr : ci-dessus) plus de 6 000 hectares situés en zones naturelles<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Pierre Bourgogne « **Les solutions compensatoires compensent-elles encore ? 20 après... sur la Communauté Urbaine de Bordeaux** » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, présentation PPT, 27 pages.

<sup>7</sup> Pierre Bourgogne, 2006 « **Les actions de lutte contre les inondations pluviales** » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, présentation PPT, 79 pages ; Pierre Bourgogne « **Les solutions compensatoires compensent-elles encore ? 20 après... sur la Communauté Urbaine de Bordeaux** » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, présentation PPT, 27 pages.

## 4. Evolution de l'assainissement à Bordeaux :

### 4.1. Prise en compte des effets de l'urbanisation : de l'assainissement à l'assainissement compensatoire :

**Le principe généralement adopté, d'un point de vue hydraulique, est que tous les nouveaux aménagements sur un bassin versant donné ne doivent pas aggraver la situation préexistante en matière d'écoulements pluviaux.**

L'urbanisation massive et mal maîtrisée est un facteur essentiel de la genèse des crues. Les impacts qui découlent des caractéristiques de l'urbanisation développées en encadré ci-dessus dans le point 2.1. expliquent que l'approche traditionnelle, essentiellement limitée à l'aspect technique de l'assainissement, est devenue insuffisante pour résoudre ces problèmes posés par la gestion des écoulements pluviaux (protection contre les inondations, protection sanitaire, protection de l'environnement,...). Une nouvelle approche, de type plus environnementaliste, a donc été développée depuis le début des années 80. C'est une approche intégrée pour prendre en compte tous les aspects évoqués précédemment, et globale, c'est à dire qui doit se faire au niveau du bassin versant. Elle a donné naissance aux solutions alternatives (encore appelées solutions compensatoires) en assainissement pluvial et a été confortée, préconisée par la loi sur l'eau de 1992 et ses textes d'application.

L'assainissement a pour objectif d'organiser, pour un événement de période de retour (T) donnée, la collecte et l'évacuation des eaux de ruissellement vers un exutoire. Les ouvrages sont le plus souvent des canalisations souterraines ou des fossés à ciel ouvert, quelquefois associés à des régulations permettant de réduire les débits maximums évacués afin d'assurer leur compatibilité avec la capacité des exutoires.

Les événements généralement retenus actuellement pour le dimensionnement des ouvrages d'assainissement sont décennaux (T = 10 ans) voire vingtennaux (T = 20 ans). Pour les événements de période de retour inférieure ou égale, l'assainissement a pour effet :

- de supprimer les débordements, ce qui tend à augmenter le débit de pointe, d'accroître la vitesse des écoulements, d'où une tendance à la réduction du temps de concentration du bassin versant et l'augmentation du débit de pointe pour une période de retour donnée,
- de modifier les cheminements hydrauliques, souvent en les « allongeant », la logique de la collecte s'imposant à celle de l'écoulement le long de la plus grande pente ; ceci contribue à augmenter le temps de concentration et donc à réduire, pour une période de retour donnée, le débit de pointe correspondant, effet inverse du précédent.<sup>8</sup>

### 4.2. Infrastructures d'assainissement actuelles au sein de la Communauté urbaine de Bordeaux :

Comme précité en point 4.1., la situation actuelle au sein de la Communauté Urbaine de Bordeaux présente de grandes infrastructures d'assainissement associées à de nombreuses solutions alternatives ou solutions compensatoires.<sup>9</sup>

Les quelques chiffres suivants illustrent la situation en Communauté urbaine de Bordeaux :

- 199 030 abonnés
- 3 600 km de longueur du réseau d'assainissement (collecteurs) dont 1200 km pour les eaux pluviales, 1600 km pour les eaux usées, 800 km pour le réseau unitaire (mixte eaux usées / eaux pluviales)
- 44 bassins de stockage dont 10 enterrés
- 54 millions de m<sup>3</sup> de volume d'eaux usées épurées
- 112 stations de pompage dont 38 pour les eaux pluviales, 63 pour les eaux usées, 11 pour les mixtes

<sup>8</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

<sup>9</sup> Communauté urbaine de Bordeaux, 2003 « **L'eau dans la vie de la Communauté urbaine de Bordeaux** » Dossier, la revue de la communauté urbaine de Bordeaux N° 1, 31 pages.

- 10 stations d'épuration (usines de dépollution des eaux usées)
- 500 solutions compensatoires mises en œuvre

### 4.3. Maillage vert :

#### 4.3.1. La canalisation des ruisseaux :

Au XIX<sup>e</sup> siècle, la plupart des ruisseaux ont été canalisés et transformés en égouts pour éviter les risques d'épidémies et permettre l'extension urbaine. Depuis 1980, la Communauté Urbaine de Bordeaux a mis en œuvre un programme de protection, de réhabilitation et de mise en valeur des ruisseaux sur son territoire. Ils sont d'abord protégés des rejets polluants par la mise en place de canalisations d'eaux usées en parallèle pour être ensuite curés, recalibrés et leurs berges sont confortées et aménagées en espaces paysagers.

#### 4.3.2. Les milieux naturels :

Les milieux naturels en présence sur le territoire de la Communauté Urbaine de Bordeaux sont remarquablement variés. Ruisseaux et « esteys » composent une symphonie de paysages marécageux autour desquels une végétation particulière se développe. Si, autour des marais on trouve encore des joncs, on peut dénicher, à proximité de l'estuaire, une flore qui correspond aux conditions humides des lieux. Peu favorables à la fixation de la végétation, les eaux courantes accueillent les renoncules aquatiques. A proximité de ces zones humides, les forêts de périphérie urbaine sont essentiellement peuplées de chênes (blancs, rouvres ou noirs) et de pins maritimes, largement introduits depuis la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Communauté urbaine de Bordeaux, 2003 « **L'eau dans la vie de la Communauté urbaine de Bordeaux** » Dossier, la revue de la communauté urbaine de Bordeaux N°1, 31 pages.

## II. Techniques préventives mises en œuvre : Mesures structurelles

### 1. Mesures techniques de protection

#### 1.1. Principes généraux et fédérateurs des mesures structurelles :

Suite à la décision de « conditionner l'urbanisation augmentant l'imperméabilisation à des mesures compensatoires permettant de ne pas augmenter les débits dans les bassins versants sensibles » et de réaliser des équipements structurants liés à l'urbanisation existante, une nouvelle stratégie de lutte contre les inondations est donc élaborée qui s'appuie sur **trois principes fondamentaux**<sup>11</sup> :

- Une approche globale et pluridisciplinaire des problèmes liés à l'eau.
- Une organisation multifonctionnelle et rationnelle des espaces publics sollicités pour mieux gérer les eaux pluviales.
- Une organisation de l'espace qui maîtrise l'écoulement des eaux résultant des épisodes pluvieux, même exceptionnels, qui provoquent, à l'heure actuelle, des inondations

**Cette stratégie en trois principes permet d'assurer la continuité de gestion des eaux pluviales, des événements courants (par les réseaux et les techniques compensatoires : système mineur) aux événements exceptionnels (en sollicitant les espaces publics : système majeur). Dans certains cas, les solutions compensatoires pourront largement participer au système majeur avec la possibilité de stocker des volumes très importants (terrains de sport, aires naturelles inondables...). Ces techniques ont en effet pour objectif de neutraliser les effets de l'imperméabilisation vis-à-vis des phénomènes pluvieux dans des limites définies (période de retour prise en compte).**

Il est nécessaire d'insister ici sur l'importance de l'échelle d'analyse : c'est au niveau du bassin versant que doivent être prises en compte, outre les apports du projet lui-même, les eaux venant de l'amont du projet et transitant par celui-ci, ainsi que l'impact de l'ensemble de ces apports sur l'aval, pour évaluer les mesures supplémentaires qui peuvent s'avérer nécessaires. Il y a donc nécessité d'une **approche globale au niveau bassin versant**.

Par ailleurs les préoccupations de maîtrise des eaux pluviales doivent intervenir dès le stade de la conception des projets (et non plus quand le plan masse est figé) car de nombreuses solutions nécessitent une organisation de l'espace adaptée : ouvrages de stockage en point bas, noues à intégrer aux espaces verts,.... La contrainte eaux pluviales peut alors devenir un atout pour l'aménagement (création d'une coulée verte,...).

<sup>11</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.



## 2.1. Des collecteurs et des conduites forcées :

Plus de 2025 km de canalisations de diamètre 300 mm à 4 500 mm permettent de collecter les eaux de ruissellement et de les évacuer en milieu naturel (Garonne, Jalles, ...), par l'intermédiaire de bassins d'étalement, ou directement de façon gravitaire ou par conduites forcées.

## 2.2. 44 bassins d'étalement :

Ces bassins offrent une capacité totale de 2 342 000 m<sup>3</sup> dont les plus importants sont : Carmaux avec 220 000 m<sup>3</sup>, Archevêque avec 136 000 m<sup>3</sup>, Bourran avec 115 000 m<sup>3</sup>, Bequigneaux avec 100 000 m<sup>3</sup> et le bassin de la Grenouillère avec 65 000 m<sup>3</sup>.

## 2.3. 49 stations de pompage :

Le débit total de 425 000 m<sup>3</sup>/h (près de 40 000 000 m<sup>3</sup> d'eau relevés par an) qui permettent l'écoulement des eaux de pluies des zones basses, quelque soit le niveau de la marée ou de la crue dont les plus importantes sont : Naujac avec 10 m<sup>3</sup>/sec, Saint-Emilion avec 9,6 m<sup>3</sup>/sec, Noutary avec 8,5 m<sup>3</sup>/sec, Jourde avec 8,4 m<sup>3</sup>/sec, Lauzun avec 8,4 m<sup>3</sup>/sec et Médoc avec 8 m<sup>3</sup>/sec.

## 2.4. Le télécontrôle centralisé: Ramsès :

### 2.4.1. Principes de base :

**La Régulation de l'Assainissement par Mesures et Supervision des Équipements et Stations** est mise en place au début des années '90. Ce système de contrôle assure la gestion des flux d'eaux pluviales sur les 56 000 ha des 27 communes.

Le système Ramsès contrôle tous les équipements, tels que les bassins d'étalement, les stations de pompage, les collecteurs et les conduites forcées. Depuis le centre de contrôle, Ramsès surveille l'ensemble des sites des équipements de la Communauté Urbaine de Bordeaux.

Ramsès dispose de plusieurs outils météo : le système safir mesure l'activité électrique et détecte les orages, leur déplacement et leur intensité et le système de calcul calamar complète les informations du radar de Météo France avec les mesures au sol des 42 pluviomètres de la Communauté Urbaine de Bordeaux. Les images sont réalistes et réactualisées toutes les 5 minutes. Il connaît aussi à tout moment les niveaux d'eau dans les bassins, les collecteurs et l'évolution de la marée, grâce à 40 limnigraphes et 6 marégraphes.

L'efficacité du système de contrôle Ramsès lui a permis d'anticiper ou de gérer au mieux plus de 1 000 événements pluvieux, d'éviter ou de minimiser 120 inondations, de maîtriser, stocker et évacuer dans le plus grand respect de l'écosystème, 1 milliard de m<sup>3</sup> d'eaux pluviales par la fermeture de bassins de stockage, le déclenchement de groupes électrogènes, l'ouverture ou la fermeture de vannes, la mise en action de stations de pompage ou la vidange de bassins de rétention.<sup>12</sup>

Ramsès permet donc de disposer en permanence :

- d'une vision globale des paramètres hydrologiques
- d'une image de la répartition spatiale de la pluie sur la Communauté urbaine de Bordeaux, réactualisée toutes les 5 minutes à partir des pluviographes télétransmis
- de courbes animées précisant en continu l'état de chargés des réseaux et le taux de remplissage des bassins de stockage
- de vues synoptiques de l'état des différents équipements (collecteurs, stations de pompage, bassins de stockage, ...)

<sup>12</sup> Communauté urbaine de Bordeaux, 2003 « **L'eau dans la vie de la Communauté urbaine de Bordeaux** » Dossier, la revue de la communauté urbaine de Bordeaux N° 1, 31 pages ; Communauté Urbaine de Bordeaux « **Ramsès – Régulation de l'Assainissement par Mesures et Supervision des Équipements et Stations** » fascicule de 8 pages.

- d'une gestion centralisée de tous les équipements
- d'une banque de données hydrologiques
- d'un outil de régularisation du débit des collecteurs, GASPAR, pour optimiser la vidange des bassins et éviter l'inondation en aval

Une version nouvelle est prévue, Ramsès II, qui devra s'occuper aussi de la dépollution des eaux pluviales.

#### 2.4.2. Principe de prévention :

Par un système performant de détection et de prévision, Ramsès permet d'anticiper les événements pluvieux et leurs conséquences.

#### 2.4.3. Principe de protection :

Ramsès offre la possibilité d'organiser très précisément l'action combinée des collecteurs d'eaux pluviales, des stations de pompage et des bassins de stockage et donne aux techniciens de Lyonnaise des Eaux – gestionnaire du système – les moyens de réguler les flux, limitant ainsi considérablement les risques d'inondations. Cette régulation permet d'inscrire l'action de Ramsès dans une politique active de protection de l'environnement.

#### 2.4.4. Actions :

- action permanente dans le temps
- prévision des événements pluvieux
- gestion en temps réel :
  - suivi précis de l'évènement pluvieux
  - suivi de tous les niveaux d'eau
  - télégestion en temps réel par le lancement des groupes électrogènes, la régulation automatisée des bassins, le pilotage des stations de pompage et les 4 200 informations traitées
  - pluviométrie par les 50 pluviomètres dont 28 télétransmis en temps réel, le tracé des hyétoigrammes de pluies et le tracé des isohyètes (courbes de niveaux de pluies)
  - limnimétrie au travers de 250 points de mesure, de 75 limnigraphes (instrument de mesure et d'enregistrement de la hauteur d'eau dans les bassins et les collecteurs) (144 limnigraphes mentionnés dans la plaquette sur la grenouillère !!!!!) et de 6 marégraphes
  - plus de 300 capteurs sur le réseau
- gestion en temps différé par l'analyse des événements pluvieux, la critique et la validation des données, une banque de données mise en place depuis 1992 et une modélisation des pluies les plus représentatives
- moyens humains par une veille 24 h/ 24, une cellule de crise, 2 niveaux d'astreinte, 30 hommes mobilisables et des équipements d'intervention

#### 2.4.5. Outils de prévision météorologique :

- radar METEO France
- console SAFIR : détecte les orages dès leur formation et anticipe leurs trajectoires en mesurant l'activité électrique
- console CALAMAR : système de calcul qui complète METEO France

- prévision de marées

### 3. Les solutions compensatoires :

#### 3.1. Définition :

Les solutions compensatoires, ou techniques alternatives, sont toutes les techniques permettant de compenser les effets que le ruissellement ferait subir à l'environnement existant. Elles évitent que l'évacuation instantanée des eaux (uniquement eaux pluviales) et leur concentration rapide ne provoquent des inondations à l'aval par saturation des réseaux et permettent d'écarter le débit de pointe généré par une pluie : l'eau est stockée localement et restituée progressivement, à faible débit, dans le réseau aval, au moyen d'un ouvrage hydraulique de régulation. Elle sont essentiellement préconisées dans le cas de nouvelles constructions. Le stockage momentané est réalisé en amont des collecteurs. Plus de 500 installations sont aujourd'hui en service.<sup>13</sup>

#### 3.2. Evolution :

A l'origine des solutions compensatoires se trouvent les recherches effectuées par le CETE du Sud-Ouest installé à Bordeaux dans les années '80 ainsi que des expérimentations avec la CUB. En 1985 est mis en place le parking d'échanges du Caillou à Mérignac faisant office de précurseur.

Les investissements nécessaires à l'augmentation de la capacité des collecteurs devenant incompatibles avec les possibilités financières des collectivités, l'enchaînement urbanisation – ruissellement – canalisation est devenu impossible. Les solutions compensatoires, basées sur le principe de l'infiltration, ont ainsi été mises en place depuis 1982 et permettent d'offrir une réponse adéquate, en particulier pour des épisodes pluvieux « courants », c'est-à-dire des épisodes de retour de l'ordre du décennal (au-delà, on est conduit à solliciter davantage les espaces publics)<sup>14</sup> et ainsi de ne pas augmenter les débits dans les bassins versants sensibles.<sup>15</sup>

L'arrêté communautaire de 1979 fixait les normes de construction et de prise en charge des réseaux d'assainissement en référence à un Cahier des Ouvrages Types.

Aucune spécification n'existant auparavant pour les ouvrages de stockage des eaux pluviales, les premières réalisations furent souvent de petits bassins à sec ou en eau « casés » dans un coin d'opération immobilière en limite de propriété et sans étude d'intégration dans l'environnement. Seul l'aspect quantitatif (volume et débit de fuite) était contrôlé, conformément à la Circulaire du 22 juin 1977. Les aménageurs remettaient les ouvrages aux associations syndicales qui, dans leur grande majorité, se désintéressaient de leur gestion.

**Une centaine de solutions compensatoires privées de ce type ont été réalisées de 1982 à 1987. Un inventaire détaillé en a été dressé conduisant à un bilan critique : il est apparu que la grande majorité de ces ouvrages ne donnait pas satisfaction compte tenu de leur mauvaises intégrations et de l'absence de gestion.**<sup>16</sup>

Dès 1986, la Communauté Urbaine de Bordeaux, ayant conscience des difficultés rencontrées avec ces premières solutions, décida de promouvoir une nouvelle approche de leur conception, notamment sur la base

<sup>13</sup> Pierre Bourgoigne, 2006 « **Les actions de lutte contre les inondations pluviales** » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, présentation PPT, 79 pages ; Pierre Bourgoigne « **Les solutions compensatoires compensent-elles encore ? 20 après... sur la Communauté Urbaine de Bordeaux** » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, présentation PPT, 27 pages ; Communauté Urbaine de Bordeaux, 2006 « **Bassin de stockage et de dépollution des eaux pluviales - La Grenouillère** » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, fascicule de 6 pages ; Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages ; Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgoigne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages.

<sup>14</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

<sup>15</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

<sup>16</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

des expérimentations entreprises en matière de chaussées poreuses par le Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement du Sud-Ouest et le Laboratoire Central de Ponts et Chaussées de Nantes.

Devant certaines réticences des aménageurs privés, des maître d'œuvre, des entreprises elles-mêmes, la Communauté Urbaine de Bordeaux a décidé de réaliser elle-même un certain nombre d'opérations expérimentales, notamment <sup>17</sup>:

- En 1986 : un parking de 5000 m<sup>2</sup> à Begles dont les eaux de surface aboutissent dans un réservoir réalisé en matériau à structure alvéolaire. L'eau s'infiltré en surface à travers une chaussée en enrobés poreux.
- En 1986 : un parking de 3000 m<sup>2</sup> à Cauderan. Son sous-sol argileux a été traité à la chaux puis isolé par un film étanche, la structure réservoir est constituée par 30 cm de couche de forme en grave minière, 20 cm de grave ciment poreux et 6 cm d'enrobé poreux. Les eaux sont collectées par un drain dirigé vers le réseau public.
- En 1990 : l'extension du parking de la station, d'épuration de Cantinolle à Eysines en enrobé poreux, sur une couche de calcaire.
- En 1992 : un parking à Cenon en pavés autobloquants poreux, sur une couche de calcaire
- En 1993 : un parking de 1150 m<sup>2</sup> pour la 6<sup>ème</sup> Circonscription Voirie au Taillan

Les maîtres d'œuvre et entreprises ont rapidement pris conscience de l'intérêt de ces nouvelles solutions : la période 1987 – 1993 connut une progression exponentielle de leurs réalisations.

### 3.3. Enseignements – retour d'expérience :

Les avantages principaux retenus sont :

- l'intégration dans l'environnement urbain puisque l'assainissement n'a plus un cadre spécifique.
- la suppression des tuyaux entraîne des économies importantes pouvant atteindre 20 à 30 % du montant total
- le maintien de l'équilibre hydrologique du milieu naturel par le soutien des étiages et la baisse significative des apports en éléments polluants

L'importance des études préalables est ici à souligner puisque, contrairement aux systèmes d'assainissement classiques, les solutions compensatoires imposent un travail en commun des ingénieurs et des urbanistes dès les avant-projets afin de trouver les solutions locales les mieux intégrées à l'aménagement.

Eléments à prendre en compte :

- la position et la variation du niveau de la nappe phréatique, les usages éventuels qui lui sont liés
- la perméabilité du sol, la topographie du terrain
- le trafic s'il s'agit d'une structure-réservoir sous voirie
- le foncier, les contraintes esthétiques, de gestion
- les réutilisations possibles de l'espace, l'encombrement du sous-sol, les coûts

L'expérience montre qu'en zones péri-urbaines, les problèmes liés aux coûts du foncier sont prépondérants et que les techniques qui permettent une double utilisation de l'espace sont le plus souvent retenues.

<sup>17</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

### 3.4. Principes techniques :

On distingue trois fonctions hydrauliques essentielles auxquelles correspondent les dispositifs compensatoires :

#### 1. La collecte, selon deux principes :

- infiltration directe sans ruissellement où l'eau de pluie passe directement à travers un matériau perméable pour rejoindre l'ouvrage de stockage par injection ou par infiltration dans la structure de stockage
- ruissellement où la pente du revêtement dirige l'eau vers un ouvrage de collecte en communication avec l'ouvrage de stockage

#### 2. Le stockage temporaire, selon deux principes :

- en volume totalement vide dans des réservoirs de stockage tels que les noues, les bassins de retenue (à sec, en eau ou couverts) et les canalisations surdimensionnées
- en volume partiellement vide dans des réservoirs de stockage tels que les chaussées réservoirs, les tranchées drainantes, les toitures terrasses, le stockage sous trottoir, les pavés poreux et les enrobés poreux

#### 3. La restitution régulée :

- par un ouvrage de régulation à orifice calibré selon les nécessités
- par infiltration dans le sol

### 3.5. Mise en œuvre dans les espaces collectifs et publics :

#### 3.5.1. Principes généraux :

Il est essentiel de prévoir au minimum une compensation par rapport aux écoulements existants préalablement au projet, quel que soit le type d'événement pluvieux, jusqu'à une période de retour donnée (décennale, centennale,...) et d'améliorer, si la capacité des exutoires et les enjeux le nécessite, les écoulements à l'aval par des rétentions complémentaires.

La voirie, les espaces collectifs, par leur localisation spatiale, leur orientation, leur fonction même et leur équipement de surface, peuvent contribuer à acheminer l'eau via des zones prévues à cet effet, et peu vulnérables. En les rationalisant, en s'assurant qu'aucun obstacle ne vienne entraver leur fonctionnement – ou alors en prévoyant des solutions d'évacuation telles que collecteur, fossé, ... - ces espaces urbains peuvent jouer un rôle déterminant dans les mécanismes de cantonnement des débordements.

**Il faut donc inonder là où c'est possible et acceptable, pour réduire les inondations là où leurs effets ne sont pas souhaitables.**<sup>18</sup>

<sup>18</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

### 3.5.2. Utilisation des espaces verts :

Certains types d'espaces collectifs peuvent être sollicités de par leur capacité à supporter des submersions à moindre dommage, à constituer un frein à l'écoulement,... Une circulaire du 8 février 1973 préconise un minimum de 10 m<sup>2</sup> d'espaces verts par habitant. Chaque commune ou communauté peut définir une superficie réservée aux espaces libres et plantations : à Bordeaux par exemple, : 10 % d'espaces verts, en continuité, groupés dans une même zone, communs à tous les lots (zones UA, UB, UC) pour tout lotissement ou ensemble d'habitations d'une surface > 1 ha. A Lyon, 15 % de la surface totale du terrain doit être aménagé en espaces verts pouvant inclure des aménagements piétons. On retrouve ce même pourcentage à Lille, pour les espaces verts comportant notamment des pelouses et des arbres de haute tige.

#### Seuils de submersion admissible pour les espaces publics <sup>19</sup> :

Plans d'eau :

Les bassins en eau peuvent être sollicités et dimensionnés pour des périodes de retour importantes allant au-delà de l'événement décennal fréquemment retenu par les aménageurs. Les ordres de grandeur de hauteurs d'eau admissibles à retenir sont :

- un marnage de l'ordre de 0,50 à 0,70 m en occurrence décennale, associé à une profondeur moyenne de 2 m, qui permet un bon effet de dilution du volume ruisselé dans la masse d'eau quasi-permanente du bassin avant la pluie, un traitement facile des berges, une variation du niveau de l'eau imperceptible lors des petites pluies fréquentes
- ce marnage décennal peut correspondre approximativement à un marnage d'environ 1 à 1,20 m en occurrence centennale, selon la configuration des berges du bassin et son environnement

Espaces verts « secs » :

Un bassin en eau d'utilisation quotidienne (pour les loisirs,...) peut être sollicité souvent sans que cela provoque une gêne; un bassin à sec, tel un parc de promenade, terrain de sport enherbé,... ne doit pas être sollicité tous les mois, principalement pour des raisons d'usage, d'esthétique et d'entretien. 0,50 m paraît être une hauteur limite admissible, surtout si cet espace est relativement petit. Au-delà, le caractère public de cet espace est à reconsidérer ainsi que sa sécurité. Dans ce cas, une pente des talus de 1 sur 3 (hauteur sur longueur) est une valeur acceptable et une clôture est à envisager.

Les **espaces d'alignement** peuvent être sollicités avant les bassins exutoires de taille plus grande. Ces espaces, traités sous forme de noues ou de fossés, peuvent difficilement admettre des hauteurs d'eau supérieures à environ 0,30 m. Il en est de même pour les petits espaces de détente que l'on trouve dans un lotissement, généralement appelés « espaces de voisinage ».

Espaces revêtus :

Ce sont les espaces publics en béton ou en enrobés et, principalement, les terrains de sport en dur (cours de tennis, terrains de basket ou équivalents...) et les parkings. Pour ces derniers, on peut envisager des hauteurs d'eau n'excédant pas le bas de caisse d'une voiture, soit environ 0,30 m. De plus, à l'instar des bassins en eau, on trouve maintenant fréquemment des parkings munis de structures-réservoirs pour y stocker les eaux du réseau pluvial, aménagés en surface pour stocker le surplus engendré par une pluie exceptionnelle.

A titre d'exemple, pour un parking relativement plat, le stockage en surface de ce surplus, pour une pluie centennale, n'apporterait qu'une lame d'eau de 0,05 à 0,08 m. Quant aux terrains de sport en dur, à condition qu'ils soient aménagés en ouvrages de rétention (avec éventuellement des murets périphériques), des hauteurs de 0,50 m, voire 1 m, peuvent être envisagées. L'entretien peu contraignant de ces espaces n'induit pas de limite en hauteur comme dans le cas des espaces verts. Ils pourront être sollicités à partir d'une période de retour de 2 à 5 ans.

<sup>19</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

### 3.5.3. Utilisation des voiries :

Avant l'apparition des réseaux, les rues étaient conçues pour évacuer au mieux les eaux pluviales vers des points bas souvent situés à l'extérieur de la ville ; les écoulements transitait généralement par l'intermédiaire de caniveaux centraux et les seuils d'habitation étaient protégés par une ou plusieurs marches ; nos voies actuelles ne sont ni conçues ni orientées par rapport aux capacités hydrauliques qu'elles pourraient offrir.

Les possibilités d'utilisation de ces infrastructures pour la collecte et le stockage des eaux pluviales dépendent du classement des voies en fonction du trafic <sup>20</sup> :

- **Les voies de transit et artérielles** relient les villes entre elles ou les quartiers entre eux, et peuvent donc difficilement admettre un ruissellement autre que celui qui leur est propre.
- **Les voies de distribution**, internes aux quartiers, peuvent recevoir des hauteurs d'eau plus importantes (de l'ordre de 20 cm au centre de la chaussée) que celles des voies de transit et artérielles, du moins momentanément, mais il est important de vérifier les vitesses atteintes (2 m/s maximum). Ce type de voie doit être sollicitable dès l'événement décennal, mais leur conception doit être prévue pour que la circulation soit rétablie dès la fin de l'événement.
- **Les voies de desserte** permettent l'accès aux habitations et peuvent être totalement inondées avec une hauteur limitée à celle de la bordure de trottoir (en général 0,14 cm) afin de préserver la circulation des piétons (cette hauteur pourra atteindre 0,25 cm au centre d'une chaussée de 8 m de large).

Ainsi certaines voies pourraient être sollicitées dès l'événement décennal et jusqu'au centennal. Au-delà, on peut admettre que l'eau puisse atteindre le seuil des maisons (situé à un niveau supérieur à celui du point le plus haut de la voirie pour disposer d'une sécurité supplémentaire).

### 3.5.4. Conception des aménagements urbains :

#### 3.5.4.1. Organisation de l'espace :

L'organisation de l'espace pourrait s'appuyer sur les principes suivants <sup>21</sup> :

- orienter la voirie secondaire de l'espace à aménager (ou voirie de desserte) plutôt parallèlement aux courbes de niveau, de manière à favoriser le stockage temporaire des eaux pluviales,
- orienter la voirie primaire (ou voirie structurante) plutôt perpendiculairement aux courbes de niveau pour faciliter l'écoulement des eaux.
- à l'exutoire de cette voirie primaire, positionner des espaces publics suffisamment grands pour pouvoir recevoir les eaux ruisselant sur cette voirie. En fonction de la topographie du terrain, il faudra peut-être prévoir plusieurs espaces, y compris des espaces de délestage qui permettront de diminuer la vitesse de l'eau si celle-ci risque de devenir excessive.

Une fois les ouvrages dimensionnés, l'aménageur peut entreprendre l'optimisation de son aménagement. Il doit donc tester des scénarios mettant en balance les coûts, l'efficacité, la fonctionnalité en terme d'urbanisme. C'est là également qu'il affinera les profils, calera les pentes et réduira les vitesses d'écoulement. Ces solutions techniques engendreront des prescriptions qui devront être reprises dans le règlement pour l'aménagement de la zone.

<sup>20</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

<sup>21</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

#### 3.5.4.2. *Disposition du bâti :*

Au niveau de la disposition du bâti, sa répartition doit être réfléchie en fonction de ce qui se passera pour une période de retour projetée au-delà d'une période centennale.

La première préoccupation est de fixer un seuil d'habitation afin d'avoir une marge de sécurité supplémentaire par rapport à un événement d'occurrence exceptionnelle. Lorsque la construction est autorisée en zone inondable, la valeur pourra être supérieure en fonction du risque d'inondation.

Pour la répartition du bâti proprement dite, il faut tenir compte des contraintes d'ordre sociologique. On retiendra que les bâtiments publics à risques tels que les équipements liés au secours, les hôpitaux, les écoles, devront être placés aux endroits du lotissement qui seront les derniers atteints par une inondation.

L'habitat collectif semble moins vulnérable car il faut souvent monter quelques marches avant d'accéder au seuil du hall d'entrée. Pour plus de sécurité, il suffirait de n'autoriser les logements qu'à partir du premier étage.

#### 3.5.4.3. *Traitement paysager :*

Il s'agit ici du traitement paysager des espaces publics destinés au stockage du ruissellement pluvial. Ce travail est du ressort des architectes urbanistes qui disposent de solutions diverses pour les intégrer au mieux à l'habitat. C'est la garantie pour que la multifonctionnalité de ces espaces soit assurée. La contrainte financière de l'aménageur a, bien sûr, une grande importance à ce niveau.

### 3.6. Mise en œuvre sur sol privé :

#### 3.6.1. Principes généraux :

Seules les solutions compensatoires par infiltration seront ici abordées. Elles permettent en effet une limitation efficace du débit de fuite et sont en cela les plus adéquates aux terrains privés.

#### 3.6.2. Les solutions compensatoires individuelles par infiltration :

On appelle solutions compensatoires individuelles par infiltration l'ensemble des solutions qui permettent d'injecter dans le sol des eaux pluviales issues d'une seule maison individuelle. Leur dénomination dépend de leur forme<sup>22</sup> :

- Forme allongées : tranchées d'infiltration ou absorbantes
- Formes étendues : plateaux d'infiltration
- Formes profondes : puits d'infiltration, puisards

#### 3.6.3. Caractéristiques générales :

Les conditions suivantes doivent être remplies pour que de telles solutions puissent être envisagées :

- Disposer d'un terrain suffisamment grand
- Disposer d'un sol ayant une très bonne perméabilité (en général  $K > 10^{-4}$  m/s)
- Avoir une nappe phréatique constamment profonde, même en période défavorable : cette nappe doit toujours être située en dessous du système de stockage
- Ne pas se situer dans un secteur sensible du point de vue risque de pollution (zones de protection de sources, bordures d'aqueducs, ...)

#### 3.6.4. Performances :

Les calculs de volumes seront conduits en tenant compte d'une perméabilité dix fois inférieure à celle mesurée lors des essais préalables afin d'anticiper sur un colmatage futur.

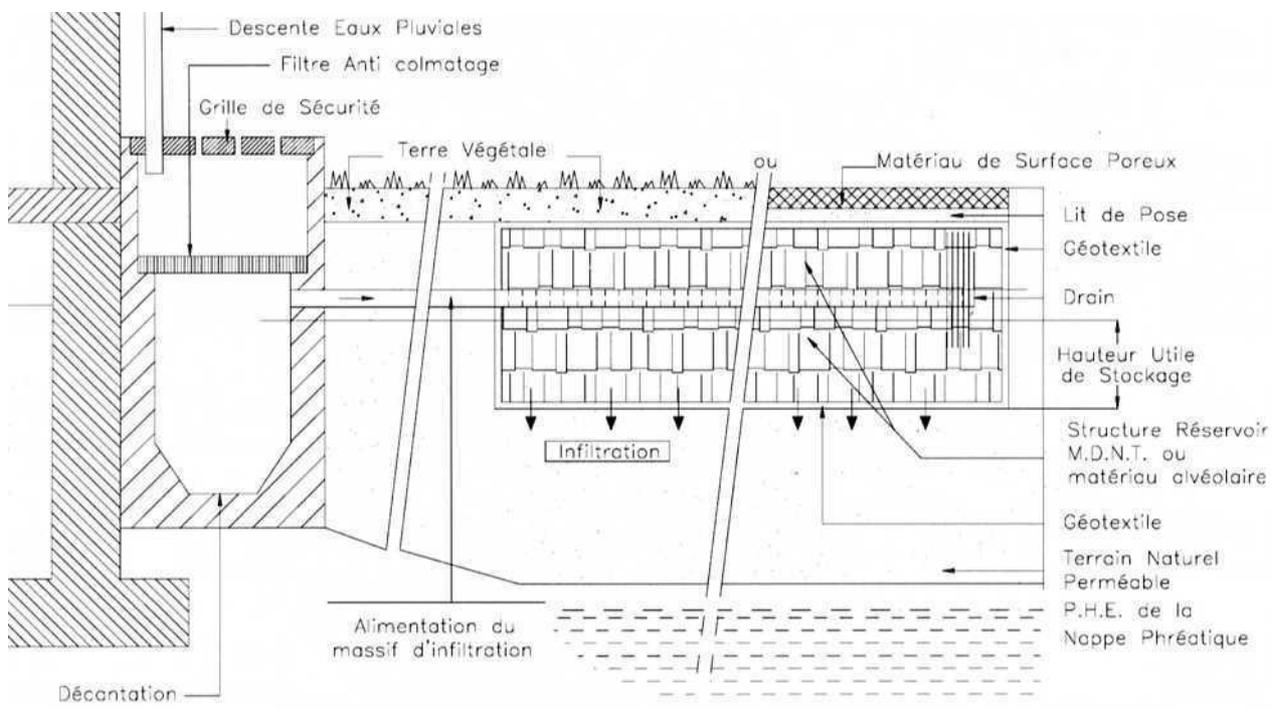
#### 3.6.5. Conditions de mise en œuvre :

L'introduction des eaux pluviales dans ces systèmes se fera par l'intermédiaire d'un regard muni d'un filtre. Le calcul du volume stocké dépendra notamment de la nature de la structure : matériaux discontinus non traités, briques, structure alvéolaire, vide (dans le cas de puits)

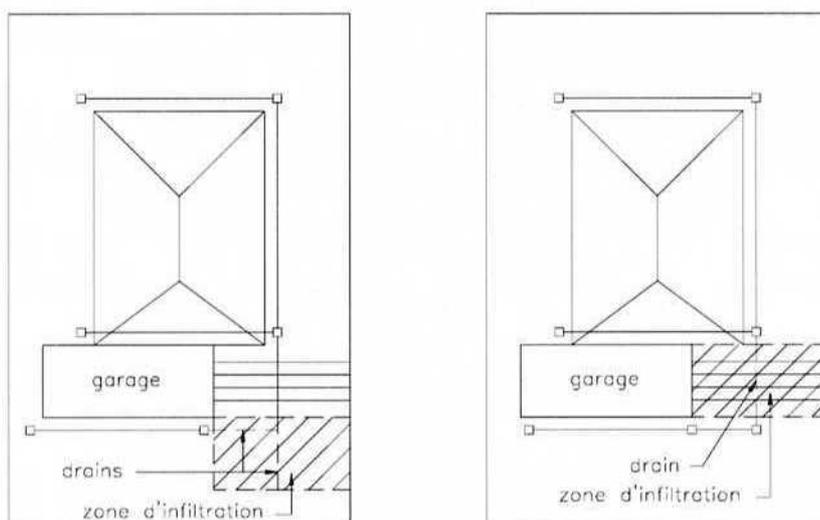
Les conditions hydrogéologiques devront être définies par un hydrogéologue agréé qui devra clairement se prononcer sur :

- La perméabilité du terrain qui devra être mesurée ou estimée en période défavorable
- La hauteur de la nappe : elle sera soit mesurée en période défavorable, soit estimée par l'hydrogéologue qui s'engagera donc sur une valeur prévisible en période défavorable
- Les risques éventuels vis-à-vis de la pollution

<sup>22</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.



COUPE



PLANS D'IMPLANTATION TYPE

Figure 9 – Exemple de massif d'infiltration pour une structure individuelle (source : Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation », 3 annexes, 91 pages + 32 pages)

### 3.6.6. Les contrôles

Sont d'application, et ce de manière globale pour ce point sur la mise en œuvre sur sol privé, les éléments énoncés ci-après en point 3.7. Les éléments développés ici sont ceux spécifiques aux solutions compensatoires individuelles par infiltration.<sup>23</sup>

#### 3.6.6.1. Au niveau de la conception :

Il est essentiel de déterminer le niveau des plus hautes eaux de la nappe ainsi que la perméabilité du sous-sol du terrain afin de bien connaître la capacité d'infiltration. Un coefficient de colmatage de 10 sera utilisé dans le calcul du dimensionnement pour prendre en compte l'évolution de la perméabilité dans le temps.

#### 3.6.6.2. Au niveau de la réalisation :

Est ici préconisée une réalisation différée après la réalisation de la construction pour trois raisons :

- L'implantation de la construction et du point de rejet ne sont connus avec certitude qu'une fois les travaux terminés
- Le risque de dégradation et de pollution du système pendant la phase de construction du bâtiment par les différentes entreprises intervenant sur le site.
- Le volume de la structure est conditionné par l'imperméabilisation réelle de l'opération

Cette réalisation différée peut s'envisager selon deux procédures :

- **Maîtrise d'ouvrage conservée par l'aménageur** : Il y a lieu dans ce cas de mettre en place les moyens garantissant que les solutions dimensionnées selon les constructions prévues seront conformément réalisées le moment venu par l'aménageur.
- **Maîtrise d'ouvrage transférée à l'acquéreur du lot** : Cette procédure est délicate et dangereuse car elle sous-entend un transfert d'éléments techniques pouvant être mal interprétés et donc mal réalisés. Cette procédure n'est pas appliquée à la Communauté Urbaine de Bordeaux.

### 3.7. Conditions d'efficacité : contrôle, entretien et suivi dans le temps :

**L'efficacité des solutions compensatoires dépend des contrôles qui seront effectués durant leur conception, leur réalisation et leur réception. Ces solutions font partie de la viabilité des opérations d'aménagement et à ce titre doivent rester, jusqu'à leur prise en charge par le gestionnaire quel qu'il soit, sous la responsabilité du maître d'ouvrage (promoteur, lotisseur, ...) <sup>24</sup>**

#### 3.7.1. Au niveau de la conception :

Les solutions compensatoires ne concernent que les eaux de pluie. On veillera donc à exclure systématiquement la présence d'eaux usées dans le système de collecte des eaux pluviales.

Le système de stockage ne recevra que les eaux pluviales de la surface active à réguler, en tenant compte de sa situation dans le bassin versant général. Si le transit des eaux pluviales provenant du fond dominant doit se faire au travers de la zone régulée, un système de collecte spécifique assurera le cheminement direct de ces écoulements en aval de l'ouvrage de régulation.

<sup>23</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

<sup>24</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

Le volume utile du système de stockage doit tenir compte du niveau des plus hautes eaux de la nappe phréatique et être majoré du volume pour lequel le débit de fuite, fixé par les Services Techniques Communautaires, devient constant.

En ce qui concerne les possibilités de rejet vers un exutoire extérieur, il y a lieu de s'assurer par établissement d'un profil en long, de la continuité de l'écoulement gravitaire jusqu'à un réseau public ou à un cours d'eau.

Lors de la conception d'un parking avec structure réservoir, les pentes de surface mises en œuvre devront conduire à ce que, en cas de disfonctionnement de la solution (défaut d'entretien, ...) les eaux pluviales restent prioritairement sur la parcelle.

### 3.7.2. Au niveau de la réalisation :

Le bon fonctionnement d'une solution compensatoire étant principalement lié aux conditions de sa réalisation, il est nécessaire de veiller à ce que celle-ci soit réalisée dans les règles de l'art, avec des matériaux parfaitement adaptés.

Concernant les enrobés poreux, leur mise en œuvre doit respecter certains principes :

- La mise en place d'enrobé à chaud exclut leur contact avec des matériaux plastiques tels que géotextiles, géomembranes, drains et structures alvéolaires.
- Dans le cas de réalisations d'espaces verts à proximité de structures réservoirs, les partenaires devront être sensibilisés afin que la structure ne soit pas souillée par des dépôts de terre végétale.

Les contrôles en cours de réalisation porteront essentiellement sur la qualité des matériaux, leur quantité, les épaisseurs de couches, le respect des profils en long et en travers, les conditions de pose.

### 3.7.3. A la réception des ouvrages :

Préalablement à la réception, le maître d'ouvrage doit fournir, à ses frais, un plan de récolement sur lequel figurera la nature exacte des travaux réalisés et des matériaux utilisés.

Dans le cas des réservoirs de stockage, la réception portera sur la vérification du volume de stockage et la conformité de l'orifice de régulation. Dans le cas des structures réservoirs, la perméabilité des différents matériaux doit être vérifiée.

#### *3.7.3.1. Procédures de contrôle :*

Les mesures de perméabilité des couches de roulement en béton ou enrobé poreux seront effectuées à la charge de l'aménageur par un Bureau de Contrôle selon la norme française qui détermine :

- Le principe qui consiste en une mesure de vitesse obtenue par mesure du temps d'écoulement d'une quantité déterminée d'eau, à charge variable faible, à travers une surface de mesure spécifiée
- L'appareillage qui consiste en un drainomètre normalisé de capacité minimale de 8 000 cm<sup>3</sup> et de section circulaire égale à 490 cm<sup>2</sup>
- Le mode opératoire qui nécessite au moins deux mesures par essai
- Le procès verbal d'essai qui précise l'implantation et les résultats

Un minimum de deux essais représentatifs par opération et par matériau est nécessaire jusqu'à 1 000 m<sup>2</sup> de surface traitée. Au-delà, ce minimum sera augmenté d'un essai par tranche de 1 000 m<sup>2</sup> et par matériau.

#### 3.7.4. Le suivi dans le temps :

L'efficacité dans le temps des solutions compensatoires est liée à la volonté de mettre en place les moyens permettant de respecter les caractéristiques d'origine. Ce respect des caractéristiques d'origine d'une solution compensatoire nécessite la prise en compte de dispositions administratives, foncières et techniques.

L'aménageur doit s'assurer que **toutes les installations prévues pour la gestion du ruissellement pluvial conserveront leur rôle initial**. Un espace vert prévu pour recueillir les eaux de ruissellement pluvial (que ce soit pour une période de retour de 10 ans ou 100 ans) devrait toujours garder les capacités de stockage et le fonctionnement hydraulique calculés lors de sa conception. Le problème essentiel est l'entretien de ces espaces, en grande partie garant de leur bon fonctionnement hydraulique. Un entretien régulier relève plus d'un problème de culture et de mentalité que d'un problème financier. Il faut souligner à ce sujet que **la double fonction d'un espace** (hydraulique + sports ou loisirs par exemple) **est l'assurance d'un bon entretien**, alors qu'un espace dévolu à un simple stockage peut rapidement devenir inadéquat à l'environnement urbain par manque d'intérêt de la part des citoyens et, à la longue, de la part du personnel chargé de l'entretien.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

## 4. Problèmes de pollution des eaux pluviales :

### 4.1. Origine de la pollution :

La pollution des eaux pluviales trouve son origine dans plusieurs éléments. On peut ainsi mettre en évidence trois sources <sup>26</sup> :

- La pollution atmosphérique qui est engendrée par diverses activités humaines : industrie, chauffage, échappement des moteurs à combustion. Les gaz émis (oxyde de carbone, dioxyde soufre, oxyde d'azote) se transforment partiellement en acide sulfurique et en acide nitrique en abaissant le pH atmosphérique ; c'est le phénomène des « pluies acides ». Parmi les rejets se trouvent également des poussières de produits divers, des vapeurs d'organohalogènes ou d'hydrocarbure. La pollution atmosphérique comprend également des éléments naturels tels que sables, débris végétaux. Après la dispersion dans la circulation atmosphérique, la totalité de ces éléments retombe sur le sol par précipitations ou par dépôt direct.
- L'accumulation sur les surfaces revêtues (de 1 à 3 g/j/m<sup>2</sup>) <sup>27</sup> : sur une surface étanche, le ruissellement commence dès que la quantité de pluie tombée dépasse le seuil de mouillage. Il provoque l'entraînement et le transport des particules déposées sur :
  - le sol naturel, la végétation : débris, végétaux, engrais, pesticides, particules de terre
  - les sols imperméabilisés (voirie, parkings, trottoirs) : essence, dépôts d'échappement, déjections d'animaux, produits d'usure de la chaussée, sels et sables de déverglaçage, ...
  - les toitures : feuilles, déjections d'oiseaux, poussières, mousses, particules de zinc des cheneaux et gouttières, ...

Le processus est plus ou moins important en fonction des caractéristiques de la pluie tombée, de sa granulométrie, de son intensité, de sa progressivité ainsi que de la pente, et de la nature du sol. En évitant le ruissellement et donc le lessivage des surfaces perméables, la pollution des eaux pluviales se trouve considérablement réduite.

- L'accumulation dans les réseaux d'assainissement.

### 4.2. Caractéristiques de la pollution :

Cette pollution des eaux de ruissellement a des caractéristiques spécifiques liées à une forte proportion de pollution fixée par rapport à la fraction dissoute, à la très faible taille des particules qui sont réellement les vecteurs de la pollution et à une très bonne décantabilité.

**La pollution pluviale étant essentiellement particulaire, dépolluer consistera donc principalement à intercepter les particules solides contenues dans l'effluent sur lesquels se fixent la majorité des polluants notamment les hydrocarbures.**<sup>28</sup>

<sup>26</sup> Pierre Bourgoigne « **Les solutions compensatoires compensent-elles encore ? 20 après... sur la Communauté Urbaine de Bordeaux** » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, présentation PPT, 27 pages ; Pierre Bourgoigne, 2006 « **Les actions de lutte contre les inondations pluviales** » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, présentation PPT, 79 pages ; Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

<sup>27</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2002 « **Les solutions compensatoires en assainissement pluvial - Fascicule III** », laboratoire de Bordeaux – section R.T.U., 2 annexes, 45 pages + 7 pages.

<sup>28</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2002 « **Les solutions compensatoires en assainissement pluvial - Fascicule III** », laboratoire de Bordeaux – section R.T.U., 2 annexes, 45 pages + 7 pages.

### 4.3. Moyens d'action :

#### 4.3.1. Les actions préventives :

Plusieurs mesures permettent de réduire la pollution à la source <sup>29</sup> :

- les modifications des pratiques locales de nettoyage des rues
- les modifications des pratiques de stockage et ramassage des ordures
- le contrôle de l'utilisation des herbicides et autres produits phytosanitaires
- la promotion des transports en commun

#### 4.3.2. Les actions curatives :

Les solutions compensatoires, mises en place pour compenser l'imperméabilisation des surfaces et le sous-dimensionnement des canalisations en aval <sup>30</sup>, permettent de contribuer efficacement à la dépollution des eaux pluviales au travers de la décantation dans les solutions de type réservoirs de stockage et de la filtration au travers des structures poreuses.

##### 4.3.2.1. La décantation :

Les études ont montré que le traitement par décantation en bassin de stockage est la technique la plus simple et la plus efficace, permettant de retenir plus de 80 % de la pollution des eaux pluviales. Elle met cependant en œuvre des moyens d'exploitation importants pour collecter, évacuer et traiter les matières décantées. Elle nécessite de plus des temps de séjours très longs, souvent incompatibles avec la nécessité de disposer de la capacité de stockage maximum pour l'évènement pluvieux à venir. Pour estimer les volumes de stockage nécessaires à la décantation, il est indispensable de faire référence aux trois types d'effets sur le milieu :

- effets cumulatifs (il faut limiter la masse annuelle)
- effets de choc (il faut limiter la masse sur les gros événements)
- effets de stress (il faut limiter la fréquence des déversements).

On peut déterminer trois réservoirs de stockage pour la décantation des eaux pluviales <sup>31</sup> :

- **Les bassins de retenue, les bassins couverts** : Leur objectif initial est essentiellement le stockage des eaux de pluie. Cependant, la bonne décantabilité des particules, y compris les plus fines d'entre elles (inférieures à 50 µm), leur confère une grande efficacité en dépollution. La sédimentation est en effet le plus simple et le meilleur des traitements.
- **Les canalisations surdimensionnées** : Le surdimensionnement ralentissant la vitesse des effluents et donc favorisant le dépôt, une décantation se produit également dans ces ouvrages mais d'une façon moindre que dans les bassins du fait des volumes et de temps de séjour.
- **Les noues** : De part leur principe de fonctionnement elles sont assimilables à des bassins de retenue. Leur action en dépollution est donc basée également sur la sédimentation, laquelle profite à la végétation qui l'assimile en majeure partie.

<sup>29</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

<sup>30</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

<sup>31</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

#### 4.3.2.2. La filtration au travers de structures poreuses :

Des abattements de pollution de l'ordre de 80%<sup>32</sup> par rétention en surface du revêtement ont pu être constatés dans le cas de la mise en place de structures poreuses. Dans ce type de solutions, la collecte des eaux pluviales se fait soit par infiltration directe à travers une surface perméable soit par des drains d'injection.

C'est à ces deux niveaux que se fait la rétention de la pollution :

- Essentiellement à partir de la surface de l'enrobé drainant
- Egalement dans une moindre proportion, au niveau des filtres et décanteurs mis en place en amont des drains

En ce qui concerne le rôle éventuel des chaussées-réservoirs comme dispositif de rétention de la pollution, une expérimentation lourde a été réalisée sur deux parkings contigus de la communauté Urbaine de Bordeaux. Les résultats démontrent une rétention très nette au niveau des dispositifs de type chaussées-réservoirs.<sup>33</sup>

Cette rétention de pollution en partie superficielle de chaussée est confirmée par les résultats obtenus sur les matériaux issus du fraisage et de l'aspiration. Le mode et la fréquence d'entretien de ce type de structure seront donc prépondérants si l'on veut utiliser ces techniques pour « piéger » une grande partie de la pollution métallique.<sup>34</sup>

Ces techniques, par le stockage d'un grand volume d'eau au regard de la surface imperméabilisée, permettent, par décantation essentiellement ainsi que par absorption et filtration, de réduire la concentration de la pollution au point de rejet et peuvent éviter, de ce fait, la mise en place d'ouvrages spécifiques de dépollution.

Les différentes mesures réalisées sur sites expérimentaux, que ce soit sur les chaussées réservoirs, sur les tranchées drainantes ou sur les puits d'infiltration, montrent des taux de rétention de pollution très importants compris, suivant les paramètres, entre 80 et 95 %.

#### 4.3.2.3. Les dispositifs « au fil de l'eau » spécifiques à la dépollution :

Le système le plus répandu consiste en l'application du principe de la décantation lamellaire : de nombreux appareils préfabriqués basés sur ce principe existent sur le marché : décanteurs, décanteurs lamellaires, débourbeur-déshuileurs, séparateurs à hydrocarbures,... Ils obéissent généralement à une norme (appareils métalliques, ouvrages en béton) qui est en fait inappropriée aux eaux de ruissellement dont les propriétés sont très différentes de celles fixées pour les essais. Ces normes fixent 2 classes de séparateurs suivant la teneur résiduelle maximale autorisée en liquide léger : 5 ou 100 mg/l ; il faut bien évidemment retenir la valeur la plus faible (5 mg/l) en cas de mise en place d'un tel dispositif en assainissement pluvial. De nombreux suivis d'ouvrages ou essais de traitement par décantation lamellaire à contre-courant ont été réalisés sur des effluents de type pluvial strict. Les résultats de quatre expérimentations sont indiqués ci-dessous.<sup>35</sup>

<sup>32</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

<sup>33</sup> Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgogne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages.

<sup>34</sup> Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgogne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages.

<sup>35</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

#### 4.3.2.4. Les rendements observés :

Pour les hydrocarbures totaux, les rendements observés restent de l'ordre de 50% (en moyenne annuelle) ; lors de certains épisodes pluvieux, ils peuvent être négatifs du fait du réentraînement de particules précédemment déposées. La décantation lamellaire simple, si elle n'est pas adaptée au traitement d'effluents peu pollués, n'en reste pas moins un procédé intéressant pour réduire la pollution d'origine pluviale, lorsqu'elle atteint un niveau significatif. Cette dernière observation montrant le peu d'intérêt qu'il y a de prévoir un décanteur lamellaire en sortie d'un bassin de retenue. En effet, compte tenu du mode de dimensionnement des bassins, leur efficacité sera toujours plus grande que celle du lamellaire en terme de taille des particules piégées. Le lamellaire est alors inutile.

Il existe également des systèmes complémentaires physicochimiques par coagulation – floculation qui sont réservés à des cas très particuliers (apports très pollués et milieux récepteurs très sensibles)<sup>36</sup>

#### 4.3.2.4. Exemple d'un cas particulier : le bassin de la Grenouillère, ouverture fin 2001

Ce nouveau concept de bassin de décantation a pour objectif de traiter les eaux pluviales au fil de l'eau, en optimisant la décantation et les conditions de pompage des eaux chargées, et en limitant au maximum la mise en œuvre d'équipements hydromécaniques.<sup>37</sup>

<sup>36</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

<sup>37</sup> Communauté urbaine de Bordeaux, 2003 « **L'eau dans la vie de la Communauté urbaine de Bordeaux** » Dossier, la revue de la communauté urbaine de Bordeaux N° 1, 31 pages ; Communauté Urbaine de Bordeaux, 2006 « **Bassin de stockage et de dépollution des eaux pluviales - La Grenouillère** » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, fascicule de 6 pages.

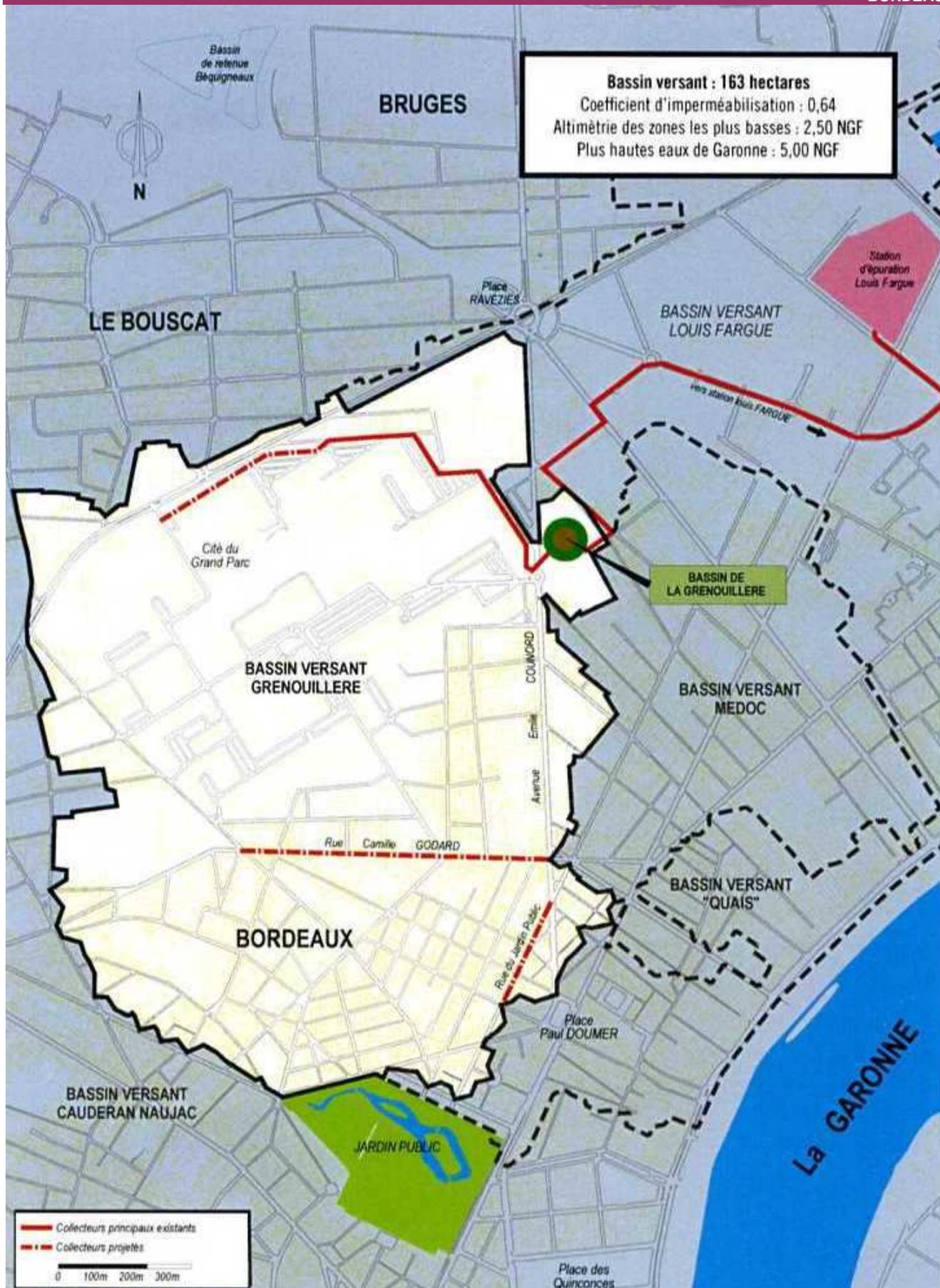


Figure 10 – Bassin versant Grenouillère sur la rive gauche de la Garonne (source : Communauté Urbaine de Bordeaux, 2006 « Bassin de stockage et de dépollution des eaux pluviales - La Grenouillère » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, fascicule de 6 pages)

### Effet vortex<sup>38</sup> :

L'utilisation de l'effet vortex favorise la concentration des particules décantées vers le centre de l'ouvrage, pour mieux permettre de les pomper et faciliter ainsi l'exploitation du bassin. Des essais sur le modèle physique ont permis de vérifier le concept, de définir les conditions de mise en œuvre à grande échelle et de préciser les conditions spécifiques de fonctionnement.

Les eaux pluviales sont introduites tangentiellement au niveau du plancher du compartiment central, par l'intermédiaire d'une rampe de mise en vitesse, ce qui permet d'initier immédiatement la rotation de la masse d'eau (jusqu'à 16 000 m<sup>3</sup>), de l'accélérer et de bénéficier ensuite de son inertie. L'air chassé pendant le remplissage est traité avant rejet à l'atmosphère. Durant cette phase de remplissage, les matières en suspension décantent et l'effet vortex les fait migrer vers le centre de l'ouvrage. Les eaux chargées sont alors pompées dans le puits central pour être dirigées vers la station d'épuration Louis Fargue, proche du centre de Bordeaux.

Si l'évènement pluvieux est important, les eaux décantées dans le compartiment central débordent dans le compartiment périphérique. Une station de pompage d'eaux pluviales permet de vider le compartiment périphérique ainsi que la partie supérieure du compartiment central.

Infos générales sur l'ouvrage :

- volume total : 65 000 m<sup>3</sup>
- volume bassin central : 16 000 m<sup>3</sup>
- profondeur : 23 m
- capacité de pompage eaux usées : 35 l/sec.
- Diamètre intérieur : 64 m
- Diamètre bassin central : 32 m
- Capacité de pompage eaux pluviales : 2 m<sup>2</sup>/sec
- Coût : 11 720 000 Euros TTC
- Début des travaux : printemps 1999
- Fin des travaux : été 2001
- Financement : Communauté Urbaine de Bordeaux : 82,5 %, Agence de l'Eau Adour Garonne : 17,5 %

Les eaux de ruissellement sont acheminées vers le bassin via, entre autres, le collecteur d'assainissement, situé sous la nappe phréatique, de 2,5 m de diamètre et de 985 m de long (débit de 8 m<sup>3</sup>/sec) qui intercepte les réseaux unitaires des rues Albert Pitres, Camille Godard, Preyménard et de l'avenue Emile Counord, raccordées à la station de pompage de Médoc.

## 4.4. Le devenir de la pollution extraite :

### 4.4.1. Les produits de décantation :

En secteur unitaire, les boues collectées dans les bassins peuvent être évacuées vers le réseau aval ayant pour exutoire une station d'épuration. Toutefois, leurs caractéristiques peuvent conduire à les évacuer en décharge autorisée.

En secteur séparatif, les boues sont récupérées mécaniquement ou manuellement pour être soit traitées dans les stations d'épuration si elles sont liquides et peu toxiques, soit acheminées vers des décharges agréées.

Des analyses devront être faites périodiquement sur la nature des produits extraits et selon la nature de leur pollution, ils seront évacués conformément à la réglementation en vigueur.<sup>39</sup>

<sup>38</sup> Communauté Urbaine de Bordeaux, 2006 « **Bassin de stockage et de dépollution des eaux pluviales - La Grenouillère** » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, fascicule de 6 pages.

<sup>39</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

#### 4.4.2. Les produits de décolmatage :

Les études menées sur la Communauté Urbaine de Bordeaux donnent une idée de la proportion des éléments polluants dans les matériaux colmatants :

- Pb 500 mg/kg sec
- Cr 50 mg/kg sec
- Zn 650 mg/kg sec
- Hc 2000 mg/kg sec

D'autre part, les proportions suivantes sont souvent citées :

- 1.3 kg/m<sup>3</sup> d'essence consommée
- 13 kg/m<sup>3</sup> de gasoil consommé

En fonction de leur toxicité, les produits du décolmatage seront évacués vers des centres de stockage, conformément à la réglementation en vigueur.<sup>40</sup>

---

<sup>40</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

## 5. Retour d'expérience <sup>41</sup> :

### 5.1. Les points positifs :

- efficacité des moyens mis en oeuvre à court et à long terme pour la plupart des infrastructures
- efficacité des solutions compensatoires : pas d'inondations dans les zones concernées sauf là où l'entretien n'a pas été respecté
- l'urbanisation des zones sensibles se poursuit
- l'objectif de limitation des investissements lourds en réseau est atteint
- peu de problèmes constatés lors du permis de construire

### 5.2. Les points négatifs :

- le choix des techniques se restreint
- le suivi de la réalisation
- l'entretien
- le respect des débits de fuite
- la prise en charge de certains procédés
- la mémoire des usages du site

### 5.3. Approche actuelle :

- L'approche n'est plus d'éviter l'infiltration (risque de pollution, ...) mais bien de favoriser la réalimentation des nappes
- Le traitement des eaux pluviales représente un enjeu majeur des prochaines années, pour la protection des milieux récepteurs
- Seules les solutions dont l'entretien pourra être contractualisé sont mises en oeuvre au niveau de l'espace public
- Les solutions le plus couramment proposées et mises en oeuvre sont les canalisations surdimensionnées et les réservoirs de stockage, les noues, les structures poreuses (pour parking uniquement) et les bassins de stockage en zone périurbaine
- Les solutions rejetées sont les bassins de stockage en zone urbaine et les structures réservoirs dans les lotissements

---

<sup>41</sup> Pierre Bourgogne « **Les solutions compensatoires compensent-elles encore ? 20 après... sur la Communauté Urbaine de Bordeaux** » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, présentation PPT, 27 pages.

# LILLE – LILLE METROPOLE COMMUNAUTE URBAINE

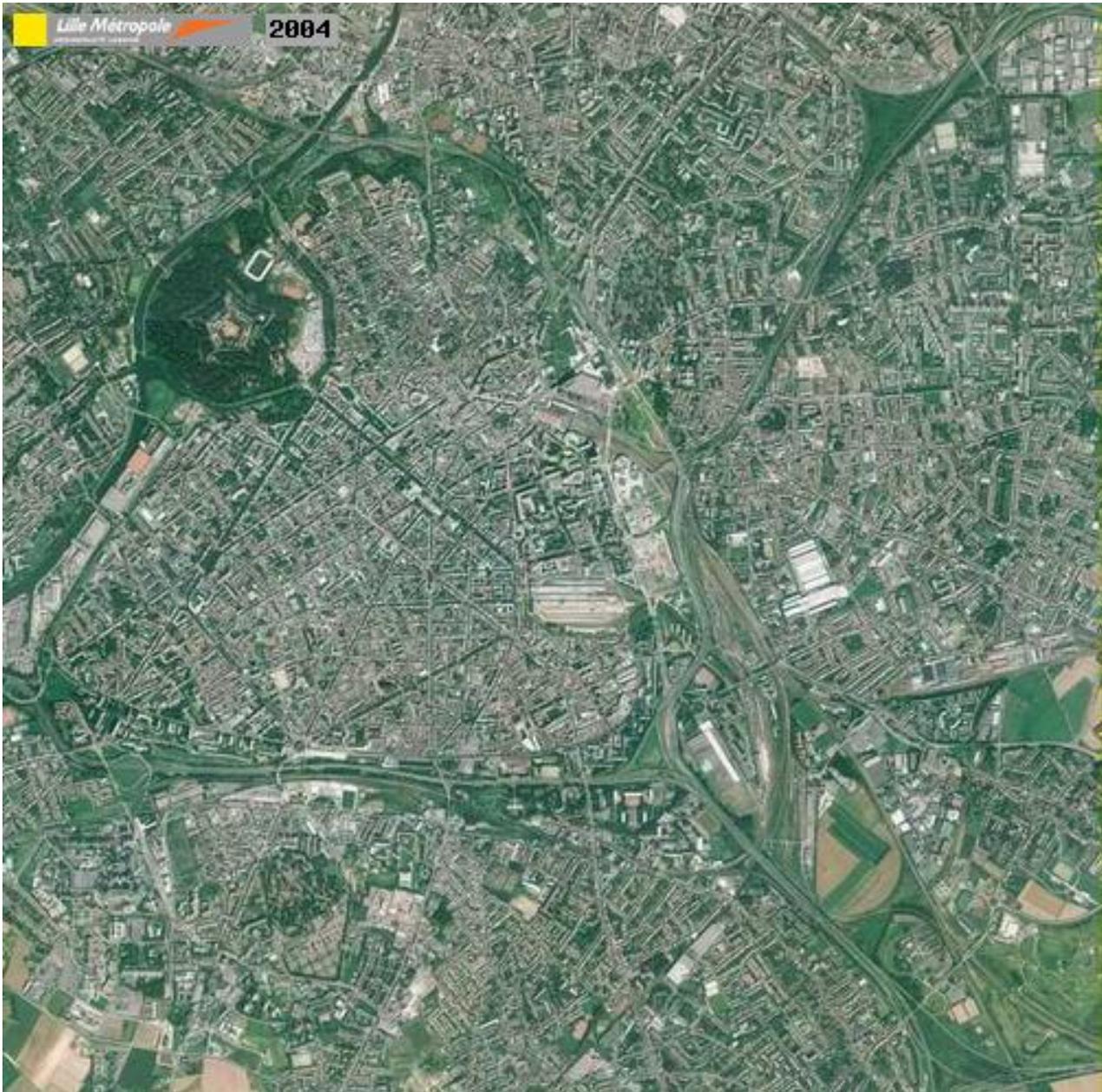


Figure 11 – vue aérienne (source : Lille Métropole Communauté Urbaine)

## I. Contexte urbain :

### 1. Nombre d'habitants, population :

#### 1.1. Données générales sur Lille métropole Communauté Urbaine :

« Lille Métropole Communauté Urbaine a pour mission d'une part, de satisfaire quotidiennement les besoins en eau potable et gérer les ressources, et d'autre part, de collecter les eaux usées urbaines domestiques et de maîtriser leur impact sur le milieu naturel. Les obligations réglementaires sont celles issues de la loi sur l'eau de

1992. Cette double compétence en matière d'eau potable et d'assainissement fait l'objet de deux rapports annuels distincts »<sup>42</sup>

- 85 communes
- 1 100 000 millions d'habitants
- 612 km<sup>2</sup> de superficie
- 15 agglomérations (arrêté préfectoral de 1997)

## 1.2. Densité :

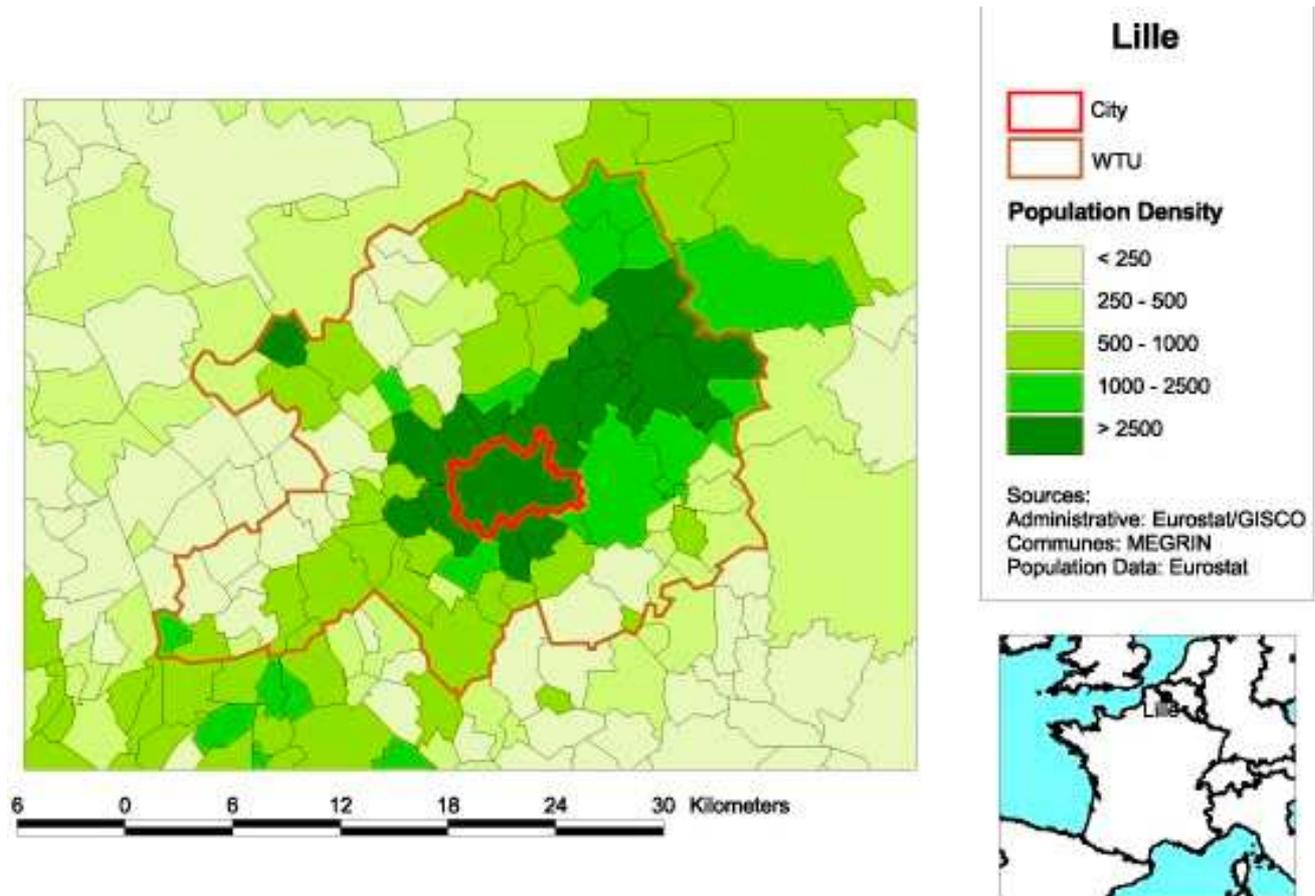


Figure 12 – densité de population et situation de la ville de Lille par rapport à la France (source : source administrative : Eurostat, source Communes : MEGRIN, Population Data : Eurostat, **Document cartographique**)

<sup>42</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Assainissement : rapport annuel sur le prix et la qualité du service public** » - Station d'épuration de Wattlelos-Grimonpont, 165 pages.

## 2. Historique face aux phénomènes d'inondation par ruissellement des eaux de pluie :

### 2.1. Origines et évolution des phénomènes d'inondation :

#### 2.1.1. Le problème des eaux pluviales :

Le ruissellement sur une surface imperméabilisée entraîne un lessivage des chaussées et une concentration en métaux lourds et en hydrocarbures dans les eaux pluviales. Les pluies qui s'abattent avec une forte intensité, principalement en cas d'orages d'été, ont des conséquences fâcheuses sur la pollution dans l'agglomération lilloise, en surchargeant les réseaux et en diminuant les performances de traitement des stations d'épuration.<sup>43</sup>

En cas d'orages, mêmes modestes, les débits à écouler dépassent les capacités des anciens collecteurs, ce qui amène trois types d'inconvénients :

- il faut consentir à créer de nombreux déversoirs d'orage qui rejettent au cours d'eau un mélange d'eau de ruissellement et d'eau usée non traitée. Ces déversoirs réduisent ainsi l'efficacité des lourds investissements supportés par la collectivité pour retrouver une bonne qualité de nos cours d'eau
- le réseau d'assainissement peut localement déborder et inonder la ville
- les finances publiques ne peuvent indéfiniment supporter l'augmentation de la taille des collecteurs, ou la construction de bassins d'écêtement.

#### 2.1.2. Des risques d'inondations aggravés par l'imperméabilisation des sols :

Les risques d'inondations dans l'arrondissement ont trois origines<sup>44</sup> :

- la crue des rivières
- la crue pluviale due aux débordements des réseaux pluviaux en cas d'orage
- les remontées de nappes phréatiques suite à de longs épisodes pluvieux. Les zones inondées par les crues des rivières sont essentiellement situées en bordure de la Marque, entre Forest-sur-Marque et Hem, et entre Louvil et Bouvines. Autrefois, avant qu'une grande partie des marais et des prairies humides ne soit drainée, asséchée et bâtie, ces espaces jouaient, en amont, un rôle tampon permettant l'écêtement des débits. La nappe phréatique est très proche du sol dans de nombreux secteurs de l'arrondissement, principalement dans les vallées. À la fin des périodes de pluies abondantes, la nappe affleure, elle inonde les terres agricoles et parfois les caves des habitations.

#### 2.1.3. L'héritage de l'industrialisation et de l'urbanisation :

De nombreuses difficultés demeurent<sup>45</sup> :

- l'insuffisance de la capacité et des performances du traitement des eaux usées et les coûts énormes nécessaires pour rattraper le retard en équipements d'assainissement
- le retard dans le raccordement au réseau d'égouts, difficile à combler dans les zones d'habitat ancien où la conception des maisons de ville s'y oppose
- le mauvais état des collecteurs et l'insuffisance de l'assainissement entraînant la dégradation de la qualité des eaux souterraines notamment pour la nappe de la craie

<sup>43</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Schéma Directeur de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole** » 49 pages.

<sup>44</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Schéma Directeur de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole** » 49 pages.

<sup>45</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Schéma Directeur de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole** » 49 pages.

- l'accumulation de métaux lourds dans le fond des canaux contamine les sédiments à tel point qu'il faut aujourd'hui s'interroger sur le devenir des produits de curage. Il convient enfin de prévoir des sites de stockage ou de confinement adéquats.

La qualité des rivières et des canaux reste médiocre, elle s'est pourtant nettement améliorée depuis les années 80. Les abords de certains canaux présentent encore un aspect dégradé, mais leur reconquête qualitative est largement engagée. La Lys, une bonne partie du canal de Roubaix et la basse Deûle (au nord de Lille) ont fait l'objet d'importants chantiers qui prouvent tout le rôle écologique, social et paysager que peut jouer une voie d'eau bien aménagée.

#### 2.1.4. Amélioration du traitement de l'eau :

La collecte des eaux usées est assurée à 55 %, l'effort pour le raccordement en zone urbaine se poursuit. La capacité de traitement des eaux usées représente un total de près de 2 000 000 équivalent-habitants pour une pollution totale évaluée à plus de 3 000 000 équivalent-habitants.<sup>46</sup>

## 2.2. Dates clés :

De **1998 à 2000**, la pluviosité s'est vue aggravée et a, de ce fait, confirmé la fragilité de certains secteurs de la CUDL ; 14 évènements pluvieux ont en effet généré des inondations sur le territoire. Une forte pluviométrie hivernale a également provoqué des inondations de crues dans le secteur sud de la métropole. Des caractéristiques exceptionnelles sont à relever pour certains des orages d'été qui ont provoqué des inondations<sup>47</sup> :

- 11 d'entre eux ont une période de retour supérieure à 10 ans (caractéristiques exceptionnelles)
- 2 d'entre eux ont une période de retour supérieure à 50 ans (caractéristiques exceptionnelles, le 1<sup>er</sup> août 1998 et le 29 juillet 2000)

## 2.3. Réactions politiques face aux inondations :

En réponse au problème d'inondations est donc mise en place une politique de traitement et de limitation des eaux de ruissellement mise en œuvre par les collectivités locales et les aménageurs publics ou privés. Il s'agit ici de maîtriser les eaux de ruissellement sans toutefois interdire ou limiter le développement urbain.<sup>48</sup>

Cela implique que ces derniers prennent en compte, dès l'origine de leur projet, la gestion et l'intégration des eaux pluviales dans le paysage urbain. Les projets doivent être élaborés par des équipes ayant des compétences dans ce domaine, et capables d'intégrer les aménagements étudiés dans le contexte spécifique du territoire concerné. La maîtrise d'oeuvre, équipe pluridisciplinaire, doit présenter des projets qui abordent le volet de la gestion des eaux pluviales en ayant recours à la mise en oeuvre de techniques alternatives à l'assainissement " traditionnel " <sup>49</sup>.

- **Politique curative** (dépense actée de plus de 100 M Euros) : redimensionnement de réseaux, poste de crue, bassins de stockage des eaux pluviales (bassin de Vendeville – 6 000 m<sup>3</sup>, bassin de Lezennes – 6 000 m<sup>3</sup>, bassin du Mont à Leux à Wattrelos – 15 000 m<sup>3</sup>, bassin de Gutenberg à Fives – 20 000 m<sup>3</sup>)<sup>50</sup>
- **Politique préventive** : Réalisation d'une définition d'un zonage pluvial qui est opposable au tiers, d'une cartographie des zones sensibles et d'une doctrine pluviale pour la maîtrise des eaux de ruissellement. Le zonage recouvre en une zone unique l'ensemble du territoire de Lille Métropole Communauté Urbaine et prescrit un débit de fuite maximum de 2 l/ha/sec. La doctrine pluviale consiste en des mesures simples et de bon sens dans l'aménagement des constructions urbaines et rurales situées

<sup>46</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Schéma Directeur de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole** » 49 pages.

<sup>47</sup> **La gestion des eaux de ruissellement**

<sup>48</sup> **La gestion des eaux de ruissellement**

<sup>49</sup> Agence de l'eau Artois-Picardie « **Vers une nouvelle politique de l'aménagement urbain par temps de pluie** » 57 pages.

<sup>50</sup> **La gestion des eaux de ruissellement**

dans les zones à risques. Ces mesures sont intégrées dans le Plan Local d'Urbanisme ainsi que dans le règlement d'assainissement.<sup>51</sup> On y retrouve notamment les prescriptions suivantes<sup>52</sup> :

- Toute nouvelle construction doit s'équiper d'un réseau séparatif
- Le rejet pluvial doit se faire au milieu naturel, s'il est accessible
- L'infiltration doit être la première solution recherchée
- Les modalités de rejet de l'excédent non infiltrable
- De nouvelles conditions d'aménagement dans les zones à risque

---

<sup>51</sup> **La gestion des eaux de ruissellement**

<sup>52</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Assainissement : rapport annuel sur le prix et la qualité du service public** » - Station d'épuration de Wattlelos-Grimonpont, 165 pages.

### 3. Urbanisation :

#### 3.1. Structure urbanistique actuelle :

La structure urbanistique, étendue sur un site à la topographie caractérisée par de faibles dénivellations, apparaît ici comme un espace urbain très hétérogène et éclaté du fait de son histoire et de son développement géographique. De grandes différences peuvent en effet être mises en exergue entre Lille et sa première couronne qui offre une structure urbaine dense, le pôle urbain constitué par Roubaix, les villes environnante et les secteurs très périurbains. Lille Métropole Communauté Urbaine est donc subdivisée en dix territoires qui délimitent à un niveau plus fin un scénario d'aménagement et de développement du schéma directeur.<sup>53</sup>

#### 3.2. Prise en compte des effets de l'urbanisation :

« Le ruissellement et l'imperméabilisation croissante des sols diminuent la capacité d'évacuation des réseaux d'assainissement, qui sont alors saturés et provoquent des inondations »<sup>54</sup> Cette problématique donc être intégrée au stade de la conception des projets d'aménagement, afin de soulager les réseaux d'assainissement et d'assurer une gestion optimale des eaux de ruissellement.<sup>55</sup>

#### 3.3. Niveau environnemental :

La prise en compte de l'environnement exige une approche globale en considérant le territoire comme un écosystème à part entière.<sup>56</sup>

##### 3.3.1. Trois objectifs majeurs projetés :

- préserver les ressources et les éléments naturels : l'eau, l'air, le sol, le sous-sol, la faune, la flore
- prévenir et résorber les pollutions, les nuisances et toutes les atteintes existantes ou potentielles portées aux milieux naturels et urbains
- améliorer et valoriser l'ensemble des paysages et développer la biodiversité

##### 3.3.2. Une métropole liée à l'eau :

« La restauration des canaux et rivières, en dehors de leur usage à des fins de transport, de tourisme, d'irrigation et d'eau potable, constitue un enjeu sanitaire, écologique et paysager pour une métropole intimement liée à l'eau. L'aménagement des cours d'eau et des canaux concerne à la fois les berges et l'ensemble du bassin versant et nécessite plusieurs actions »<sup>57</sup> :

- l'entretien hydraulique et paysager des rivières et canaux
- la modernisation et l'entretien permanent des ouvrages hydrauliques
- la finalisation des travaux d'aménagement des coulées vertes de la Basse-Deûle, de la Lys, du parc de la Deûle

<sup>53</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **La contribution des territoires** » - Annexes au schéma directeur de développement et d'urbanisme de Lille Métropole, 36 pages.

<sup>54</sup> **Site Internet** : [www.lillemetropole.fr](http://www.lillemetropole.fr) - Lutte contre les inondations

<sup>55</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **La contribution des territoires** » - Annexes au schéma directeur de développement et d'urbanisme de Lille Métropole, 36 pages.

<sup>56</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Schéma Directeur de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole** » 49 pages.

<sup>57</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Schéma Directeur de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole** » 49 pages.

- l'intégration de l'eau dans les opérations d'urbanisme sur la Deûle, la Marque urbaine, le canal de Roubaix, etc.
- l'aménagement de territoires urbains en bord de canal « à renouveler » dans le cadre d'une démarche « Haute qualité environnementale »
- la mise en place d'un partenariat transfrontalier capable de mobiliser les moyens nécessaires à la réalisation des chartes d'aménagement paysager, des programmes de remise en navigation, etc.
- l'élaboration et la mise en application d'une convention de superposition de gestion à l'échelle métropolitaine, autorisant l'accès des chemins de halage aux usagers non motorisés
- la prise en compte des risques potentiels de sols pollués sur les berges anciennement industrialisées.

« L'aménagement des rivières correspond à des priorités hydrauliques et paysagères qu'il faut parvenir à concilier. L'utilisation récréative des rivières ne peut se concevoir sans un aménagement global comprenant »<sup>58</sup>

- :
- la lutte contre les inondations
  - la restitution de la fonction régulatrice hydraulique des marais et des zones humides ce qui suppose leur maintien et leur préservation dans leur intégralité, voire leur reconquête
  - le curage des lits et la gestion des dépôts de boues dans le respect de l'écologie de la rivière
  - l'entretien et l'aménagement paysager des berges selon des méthodes respectueuses de l'environnement
  - la limitation de l'urbanisation dans les zones les plus sensibles.

---

<sup>58</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Schéma Directeur de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole** » 49 pages.

## II. Techniques préventives mises en œuvre : Mesures structurelles :

### 1. Mesures techniques de protection :

#### 1.1. Limiter l'imperméabilisation des sols :

La limitation de l'imperméabilisation de l'espace urbain et périurbain est un préalable à l'écrêtement des crues dues aux orages d'été, et aux débordements des égouts.

Les solutions sont curatives, mais aussi et surtout préventives. Elles rassemblent un ensemble de dispositions visant à limiter l'imperméabilisation, le ruissellement des eaux pluviales et à assurer une meilleure maîtrise des écoulements d'eaux pluviales. Il s'agit notamment<sup>59</sup> :

- de privilégier l'infiltration à la parcelle lorsque les conditions physiques et de protection de la nappe le permettent
- d'étudier la compatibilité de la qualité du rejet d'eaux pluviales avec le milieu naturel et privilégier si possible cet émissaire avant d'envisager l'utilisation du réseau d'assainissement
- de limiter le débit de fuite pluvial à la parcelle de toute construction neuve dont la surface active dépasse un certain seuil, et de toute extension, réhabilitation, reconversion aggravant le régime des eaux
- de mettre en œuvre des techniques alternatives d'assainissement pluvial telles que : les toitures et terrasses végétalisées, les puits d'infiltration à la parcelle, les chaussées réservoirs, les bassins d'écrêtement paysagers, les revêtements poreux et drainants ou végétalisés.

Sur les communes concernées par le problème des affaissements miniers, il faudra veiller aux conséquences de l'urbanisation sur l'écoulement des eaux pluviales transitant par les stations de relevage.

#### 1.2. Traiter les eaux pluviales : principes de base :

La majorité des réseaux d'assainissement des communes de l'arrondissement de Lille sont unitaires, c'est à dire qu'ils collectent à la fois les eaux usées et, par temps de pluie, les eaux pluviales. Lors des fortes pluies d'orage, les forts débits qui en résultent ne peuvent pas être traités dans leur totalité à la station d'épuration ; une partie des débits importants est rejetée au milieu naturel sans traitement et participe à la dégradation de la qualité des cours d'eau par temps de pluie.

**La solution consiste, pour parvenir à traiter les effluents unitaires de temps de pluie, à traiter en différé les excédents de débit stockés dans des bassins d'orage en amont des stations. Ce traitement des premières pluies doit être envisagé pour les bassins versants les plus urbanisés : l'agglomération de Lille, la Marque, la zone sud de Lille, l'Espierre, la Becque de Neuville, la Lys en amont, le secteur de La Bassée, etc.**

L'augmentation simultanée du taux de collecte, du niveau de traitement et du rendement des stations d'épuration améliorera significativement le taux d'épuration global et diminuera l'impact des rejets sur le milieu naturel.<sup>60</sup>

Ainsi, le territoire communautaire se trouve divisé en agglomérations d'assainissement au sein desquelles des périmètres d'assainissement collectif et non collectif ont été définis pas les études de zonages.<sup>61</sup>

<sup>59</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Schéma Directeur de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole** » 49 pages.

<sup>60</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Schéma Directeur de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole** » 49 pages.

<sup>61</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Assainissement : rapport annuel sur le prix et la qualité du service public** » - Station d'épuration de Watrelos-Grimonpont, 165 pages.

### 1.2.1. Le zonage d'assainissement :

Le zonage d'assainissement suit les directives inscrites dans le Schéma Directeur d'Assainissement. Il consiste à définir, pour chaque commune ou regroupement de communes, les différentes zones géographiques nécessitant un mode d'assainissement collectif (y est également associé l'assainissement collectif fractionné) et/ou non collectif. Ce découpage est réalisé en fonction de nombreux paramètres dont celui de la dispersion de l'habitat et de sa situation géographique. Seront ainsi privilégiés : l'assainissement collectif en zone fortement urbanisée, l'assainissement non collectif en zone d'urbanisation diffuse, l'assainissement collectif fractionné pour les hameaux concentrés. Cela permet d'assurer une épuration adaptée au rejet et au contexte local. Le zonage concilie donc développement urbain et préservation de l'environnement.<sup>62</sup>

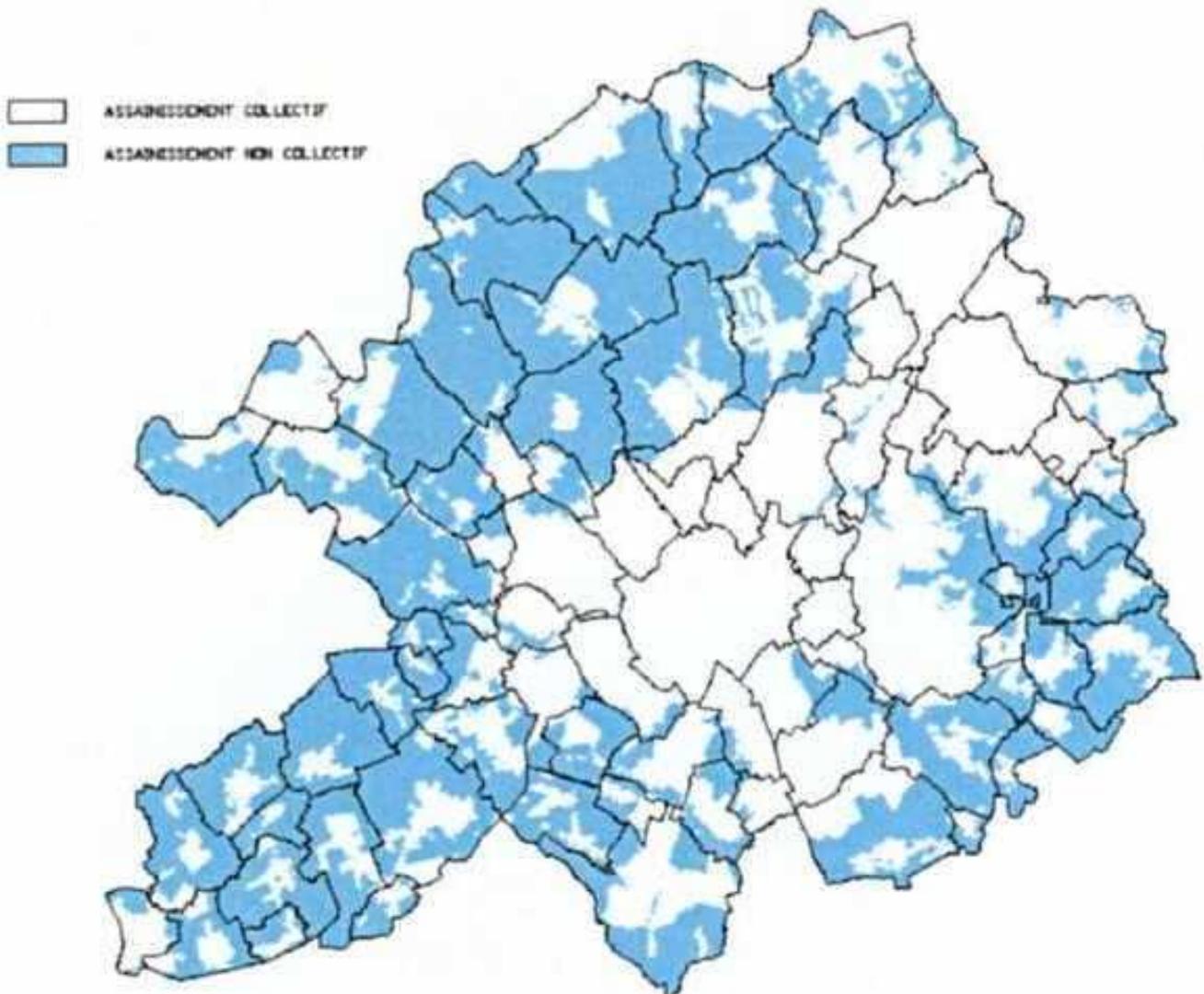


Figure 13 – visualisation des zones assainissement collectif et non collectif (source : Lille Métropole Communauté Urbaine « **Assainissement : rapport annuel sur le prix et la qualité du service public** » - Station d'épuration de Watrelos-Grimonpont, 165 pages)

Les communes et leurs groupements doivent donc délimiter, après enquête publique :

- Les zones d'assainissement collectif et d'assainissement non collectif
- Les zones où des mesures doivent être prises pour limiter l'imperméabilisation des sols et pour assurer la maîtrise du débit de l'écoulement des eaux pluviales et de ruissellement

<sup>62</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Assainissement : rapport annuel sur le prix et la qualité du service public** » - Station d'épuration de Watrelos-Grimonpont, 165 pages.

- Les zones où il est nécessaire de prévoir des installations pour assurer la collecte, le stockage éventuel et le traitement des eaux pluviales et de ruissellement lorsque la pollution apportée en milieu aquatique risque de nuire gravement à l'efficacité des dispositifs d'assainissement.

#### 1.2.2. La situation communautaire :

A terme, 16 communes seront équipées intégralement en assainissement collectif. Pour les autres communes, les systèmes d'assainissement collectif et non collectifs coexisteront.<sup>63</sup>

Sur le territoire communautaire, près de 3 200 foyers sont en effet concernés par l'assainissement non collectif.

#### **1.3. Chiffres clés de l'assainissement :**

- 15 agglomérations d'assainissement
- 7 grandes stations d'épuration communautaire
- 88 687 tonnes de boues produites sur les stations communautaires
- Plus de 60 bassins de stockage
- 4 225 km de réseau
- 426 déversoirs d'orage
- 113 454 bouches d'égout curées
- 406 km d'égouts curés
- 39 km de nouveau collecteurs
- 4 824 nouveaux branchements et branchements reconstruits
- 318 stations de pompage
- 62 km de fossés reprofilés

---

<sup>63</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Assainissement : rapport annuel sur le prix et la qualité du service public** » - Station d'épuration de Wattlelos-Grimonpont, 165 pages.

## 2. Infrastructures collectives centralisées :

### 2.1. Assainissement collectif : définition :

L'assainissement collectif a pour objet d'assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux usées domestiques et des eaux pluviales, ainsi que leurs rejets dans les exutoires naturels, selon des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement.<sup>64</sup>

### 2.2. Assainissement collectif : mode de fonctionnement<sup>65</sup> :

Les eaux usées urbaines domestiques sont d'abord collectées dans le réseau d'assainissement. Elles sont ensuite acheminées vers une station d'épuration pour être traitées avant d'être rejetées dans le milieu naturel. 70 à 80 % de la population est ainsi concernée.

#### 2.2.1. Les deux types de réseau<sup>66</sup> :

Sur le territoire de Lille Métropole Communauté Urbaine coexistent deux types de réseau : unitaire et séparatif. Le réseau unitaire est constitué d'une seule canalisation qui collecte toutes les eaux usées et pluviales d'une agglomération pour les acheminer vers les stations d'épuration tandis que le réseau séparatif est constitué de deux canalisations : l'une collecte les eaux pluviales et les rejette en milieu naturel ; l'autre récupère les eaux usées et les achemine vers les stations d'épuration.

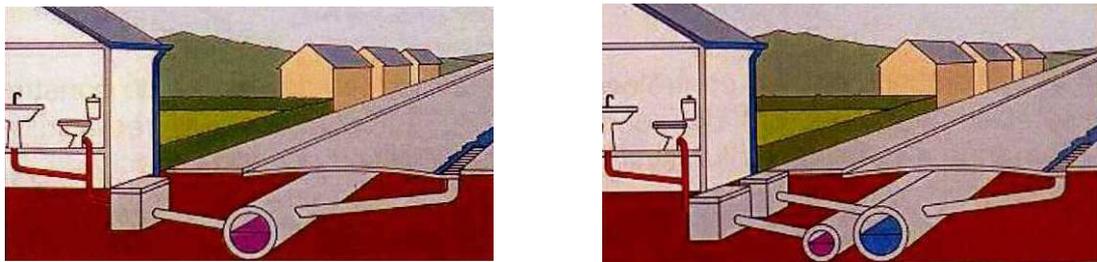


Figure 14 – schémas des deux types de réseaux rencontrés sur le territoire de Lille Métropole Communauté Urbaine, réseau unitaire à gauche et le réseau séparatif à droite (source : agence de l'Eau Artois Picardie - Lille Métropole Communauté Urbaine « **Assainissement : rapport annuel sur le prix et la qualité du service public** » - Station d'épuration de Wattlelos-Grimonpont, 165 pages)

### 2.3. Contrôle du système d'assainissement<sup>67</sup> :

#### 2.3.1. Télésurveillance et télégestion :

Deux programmes différents de télésurveillance et de télégestion sont actuellement mis en place qui sont particulièrement réactifs aux situations d'urgence :

- **Le système de télégestion**, dédié au fonctionnement des stations de pompage et mis en place en 1994
- **Le système de supervision**, mis en place pour le fonctionnement de petites stations d'épuration et la station d'épuration de Salomé

<sup>64</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **La contribution des territoires** » - Annexes au schéma directeur de développement et d'urbanisme de Lille Métropole, 36 pages.

<sup>65</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Assainissement : rapport annuel sur le prix et la qualité du service public** » - Station d'épuration de Wattlelos-Grimonpont, 165 pages.

<sup>66</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Assainissement : rapport annuel sur le prix et la qualité du service public** » - Station d'épuration de Wattlelos-Grimonpont, 165 pages.

<sup>67</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Assainissement : rapport annuel sur le prix et la qualité du service public** » - Station d'épuration de Wattlelos-Grimonpont, 165 pages.

Chaque ouvrage d'assainissement est équipé d'un automate de télégestion qui en surveille le fonctionnement et enregistre les données d'exploitation. En cas de dysfonctionnement ou d'anomalie sur l'ouvrage, l'automate transmet l'information à un poste central via le réseau téléphonique. Ensuite, l'information est transmise aux agents qui sont ainsi avertis en temps réel.

Actuellement est en cours de réalisation un système global comprenant les pluviographes, les stations de mesure de débit, les bassins de stockage d'eaux pluviales, les stations de pompage, les ouvrages de vannage et les stations d'épuration. Un programme de surveillance global est donc mis en place pour une durée de trois ans : le système CAURALI (Contrôle Automatisé du Réseau d'Assainissement Lillois) qui permet entre autres d'optimiser le fonctionnement de chaque système d'assainissement et de lutter contre la pollution et les inondations.

Fonctions principales de CAURALI :

- Visualiser l'ensemble des ouvrages d'assainissement
- Être averti de tout dysfonctionnement sur un ouvrage en temps réel, les alarmes étant répertoriées selon leur degré d'importance
- Aider l'exploitant de l'ouvrage à établir un diagnostic global et rapide du système d'assainissement et alimenter les actions de maintenance
- Traiter et archiver l'ensemble des données
- Gérer les astreintes

2.3.2. Eléments de surveillance diffusés sur le territoire de la Communauté Urbaine :

- Etude de la pluviométrie : **20 pluviomètres**
- Mesure des débits transportés et déversés par le réseau d'assainissement : **stations de mesures**
- Veille hydraulique et métrologie

### 3. Infrastructures collectives dispersées

#### 3.1. Assainissement collectif fractionné : mode de fonctionnement <sup>68</sup> :

L'assainissement collectif fractionné sera implanté en réponse cohérente aux spécificités du contexte local de bourgs ou hameaux isolés.

Le recours à cet assainissement collectif « de proximité », faisant appel à des techniques empruntées à l'assainissement autonome, sera souvent préférable au raccordement systématique à un système d'assainissement central en raison des coûts engendrés, des difficultés techniques d'exploitation d'un réseau étendu et enfin des problèmes posés par la concentration de flux de matières polluantes dans les cours d'eau de faible débit.

#### 3.2. Les solutions compensatoires / techniques alternatives de gestion des eaux pluviales :

3.2.1. Exemples de techniques alternatives utilisées dans Lille Métropole Communauté Urbaine (Source : Association Douaisienne de Promotion des Techniques Alternatives) <sup>69</sup> :

Les techniques ci-dessous sont brièvement expliquées et sont détaillées dans l'annexe I ci-après.

- **Les puits d'infiltration** : Ces dispositifs assurent le transit des eaux de ruissellement vers les couches perméables du sol. Ils sont utilisés essentiellement pour recevoir les eaux de toiture. Le puits est précédé d'un regard de décantation pour piéger les éléments indésirables. L'infiltration se fait par le fond du puits et, éventuellement, par les côtés formant les parois.
- **Les chaussées à structure réservoir** : Utilisée pour la voirie et les parkings, la structure réservoir permet de stocker les eaux pluviales dans le corps de la chaussée, constitué de pierres calcaires. La chaussée peut être recouverte d'un enrobé poreux qui laisse passer l'eau directement dans la structure réservoir, tout en retenant les impuretés. On peut aussi choisir un enrobé traditionnel imperméable avec un système d'avaloirs et de bassins qui collectent et diffusent les eaux de pluie dans la structure. L'eau circule entre les vides laissés par les cailloux et peut être, soit infiltrée dans le sol, soit évacuée vers un exutoire naturel ou un réseau d'eau pluviale.
- **Les tranchées drainantes** : Si la couche superficielle du sol est suffisamment perméable, les eaux de ruissellement (terrasses, rues piétonnes, allées de garage, ...) peuvent être recueillies par des tranchées drainantes. Ces ouvrages superficiels (1m de profondeur environ) et linéaires peuvent être revêtus d'un enrobé drainant, d'une dalle de béton, de galets ou de pelouse pour être intégrés dans les espaces verts, ou aménagés en voie d'accès pour les piétons ou les voitures.
- **Les noues** : Une noue est un fossé large et peu profond avec des rives en pente douce. Elle sert à stocker un épisode de pluie (décennal par exemple) ou à écouler un épisode plus rare (centennal). L'eau est collectée soit par l'intermédiaire de canalisations (récupération des eaux de toiture et de chaussée), soit directement, après ruissellement sur les surfaces adjacentes. L'eau est ensuite évacuée vers un exutoire (réseau, puits ou bassin de rétention) ou par infiltration dans le sol.
- **Les bassins secs et en eau** : L'eau est collectée par un ouvrage d'arrivée, puis stockée dans un bassin avant d'être évacuée vers un exutoire de surface (ou bassin de retenue) ou infiltrée dans le sol (bassin d'infiltration). Parmi les bassins de retenue, on distingue les bassins en eau (qui conservent une lame d'eau en permanence) et les bassins secs. Les bassins sont situés soit en domaine public, soit en lotissement ou encore chez un particulier.
- **Les toitures terrasses** : Cette technique est utilisée pour ralentir le plus en amont possible le ruissellement, grâce à un stockage temporaire de quelques centimètres d'eau de pluie sur les toits. Un petit parapet (acrotère) en pourtour de toiture permet de retenir l'eau et de la relâcher à faible débit.

<sup>68</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Assainissement : rapport annuel sur le prix et la qualité du service public** » - Station d'épuration de Wattrelos-Grimonpont, 165 pages.

<sup>69</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Schéma Directeur de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole** » 49 pages.

### 3.2.2. Principes de dimensionnement des ouvrages <sup>70</sup> :

#### 3.2.2.1. Paramètres à prendre en compte dans un projet de gestion des eaux pluviales :

- **La prise en compte du risque** : Le choix du risque est une hypothèse essentielle qui influence les calculs et le projet. Dans le cadre d'un projet, la période de retour à retenir pour tout dimensionnement d'ouvrages de gestion des eaux pluviales est souvent imposée par la MISE ou des spécifications locales. Dans ce cas, le Maître d'OEuvre pourra affiner la valeur de la période de retour à partir des données disponibles sur le site et de son expérience. Une fois la période de retour du risque choisie, il s'agit d'examiner l'incidence d'épisodes pluvieux d'occurrence plus rare. Toutes les précautions requises doivent alors être retenues pour protéger les personnes et les biens.
- **Le coefficient d'apport** : Il s'agit du coefficient qui mesure le rendement global de la pluie, c'est-à-dire la fraction de la pluie qui parvient réellement à l'exutoire du bassin considéré. Il est le plus souvent assimilé au coefficient d'imperméabilisation. Celui-ci est très variable, en fonction du type et de l'état du sol au moment de l'épisode pluvieux.
- **La perméabilité des sols** : Elle traduit l'aptitude d'un milieu à laisser circuler l'eau sous forme liquide. C'est un paramètre essentiel à connaître puisqu'il rend compte du comportement des sols vis-à-vis du phénomène de ruissellement notamment. La perméabilité ne doit pas être confondue avec la capacité d'absorption du sol. En effet, si la perméabilité est une caractéristique intrinsèque du milieu, la capacité d'absorption dépend du sol et des conditions d'écoulement. Ainsi, un simple compactage mécanique d'une noue de collecte et d'infiltration des eaux pluviales peut diminuer sa capacité d'absorption d'un facteur dix. Il en est de même pour des matériaux graveleux où un compactage de la couche superficielle crée une pellicule peu perméable.
- **L'évaporation** : Ce paramètre est à prendre en compte uniquement dans le cas de l'aménagement de bassins en eau. L'évaporation est importante en été, mais quasi inexistante en hiver. Dans certaines conditions, 10 % de la pluie peut retourner à l'atmosphère par évaporation avant même de toucher le sol. Lors de périodes de sécheresse, une hauteur d'eau de 10 cm environ peut s'évaporer d'un bassin en eau par semaine.
- **L'évapotranspiration** : Il s'agit de l'association de l'évaporation directe définie précédemment et de la transpiration foliaire des plantes. Selon les essences, la variation de ce phénomène est très importante : ainsi, si un hectare de sapins rejette dans l'atmosphère 1 700 m<sup>3</sup> d'eau par an, un hectare de prairie en rejettera 6 000 m<sup>3</sup> et un hectare de peupliers 12 000 m<sup>3</sup>. Même les plantes aquatiques plantées dans des milieux gorgés d'eau ont une capacité d'évapotranspiration importante. Toutefois, ce phénomène est très variable selon les saisons.
- **Les perspectives d'évolution du bassin versant** : L'évolution d'un bassin versant est soumise aux effets conjugués de phénomènes physiques et de partis pris d'aménagement. De nombreuses années peuvent s'écouler entre le moment où les études de faisabilité d'un projet sont menées et l'opération réalisée : les hypothèses prises en matière de coefficient d'apport peuvent évoluer, en plus ou en moins, de façon très importante. Ainsi, il n'est pas rare de voir se transformer des zones destinées à un équipement public en un lotissement de maisons groupées, ou des terrains affectés initialement aux espaces verts, modifiés en aires de jeux, voire même bâtis.

#### 3.2.2.2. Le dimensionnement des ouvrages :

Une fois que le schéma hydraulique global de l'opération est arrêté et les paramètres exposés ci-dessus fixés, le concepteur peut aborder la phase de dimensionnement des ouvrages. Il est conseillé de commencer de l'amont vers l'aval en découpant les sous-bassins versants en fonction du plan masse. Au niveau de chaque sous-bassin versant seront calculés les volumes de rétention nécessaires pour stocker les eaux reçues, et ce, en fonction des conditions de vidange dans les ouvrages localisés à l'aval. L'étude précisera donc pour chacun d'eux : la cote de vidange, la cote fil d'eau de la canalisation, la cote fil d'eau de la surverse, le détail d'exécution du dispositif de vidange ou de limitateur de débit, le dimensionnement de l'ouvrage permettant de restituer les eaux à débit régulé vers l'aval. Il est important ensuite d'examiner le temps de vidange de chacun

<sup>70</sup> Agence de l'eau Artois-Picardie « Vers une nouvelle politique de l'aménagement urbain par temps de pluie » 57 pages.

des ouvrages en fonction de leur volume et du limiteur de débit installé. Tous ces éléments doivent aboutir à la réalisation d'un véritable synoptique de l'ensemble du dispositif. Ceci permettra de mettre en évidence le comportement des ouvrages, notamment en cas d'épisodes pluvieux supérieurs à la fréquence.

### 3.2.2.3. Les méthodes de dimensionnement :

L'expérience montre que les techniques alternatives, par leur coût et leur parfaite intégration paysagère, " supportent " facilement un surdimensionnement. Il ne s'agit pas là de changer de section de canalisations comme dans les techniques traditionnelles, mais d'ajouter de-ci, de-là des cloisonnements supplémentaires dans les noues ou dans les fossés - ce qui accroît leur capacité de rétention - de modifier leur profil, d'augmenter légèrement la hauteur d'une diguette, de choisir un matériau drainant avec un indice de vide supérieur, etc. Toutefois, sur l'ensemble du dimensionnement et compte tenu des techniques utilisées, ces effets restent marginaux sur les surcoûts. Les deux principales méthodes de dimensionnement sont connues sous le nom de méthode des pluies et des volumes. Leurs principes sont exposés succinctement ci-après :

- **La méthode des pluies :** La méthode des pluies utilise des courbes de pluie appelées " courbes enveloppes ", déterminées statistiquement. Celles-ci fournissent, pour une période de retour donnée, la hauteur de pluie en fonction de la durée de l'épisode pluvieux. Elles permettent donc de calculer le volume cumulé de ruissellement à tout pas de temps. Le calcul graphique consiste à reporter, sur le graphique représentant les courbes de pluie, la courbe représentant l'évolution de la hauteur d'eau évacuée à l'exutoire en fonction du temps. L'écart maximal entre les deux courbes – de pluie et de hauteur d'eau évacuée - fournit la lame d'eau à stocker. En pratique, cette méthode appliquée à une même série de pluies fournit des résultats inférieurs d'environ 20 % à la méthode des volumes.
- **La méthode des volumes :** Le principe de la méthode des volumes consiste en une analyse statistique directe des hauteurs spécifiques à stocker en fonction du débit de fuite à l'exutoire. Le calcul du volume de stockage à créer est effectué de la même façon que précédemment, mais la courbe pluviométrique utilisée est celle des hauteurs cumulées correspondant à une averse donnée. Pour chaque averse, les volumes correspondant à toute une gamme de débits de fuite sont déterminés. A partir de l'analyse des différentes hauteurs d'eau obtenues, il est possible de construire un graphique donnant la hauteur de pluie maximale à stocker en fonction du débit de fuite et de la période de retour.
- **Le débit de fuite :** Il s'agit du débit de vidange des eaux pluviales stockées dans un dispositif de rétention. Souvent, il ne résulte pas d'un calcul mais d'une hypothèse de dimensionnement qui est prise par le concepteur, en fonction du diagnostic pluvial. Ce débit est ainsi estimé en fonction de ce que peut accepter le réseau dans lequel se rejettent les eaux pluviales ou le milieu récepteur. A titre d'exemple, le débit de fuite dépend de la capacité d'absorption du sol en cas d'infiltration totale sur place. Le Maître d'OEuvre prévoyant nuancera alors cette capacité d'absorption par un coefficient de sécurité qui prend en compte un éventuel colmatage ou une éventuelle saturation des sols. Le débit de fuite peut être imposé par des documents d'urbanisme : PLU, règlement d'aménagement de zone, arrêté de lotissement, permis de construire. Dans le cas de réseaux unitaires, ce débit peut être arrêté par le gestionnaire de la station d'épuration, celle-ci étant limitée en débit admissible. La réutilisation des eaux de pluie pour un usage domestique est un des moyens de limiter le débit de rejet des installations. Celles-ci peuvent être réutilisées pour l'arrosage par exemple.
- **Le débit de pointe :** Il s'agit du débit instantané maximal correspondant à la pluie prise en référence dans les calculs de dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales. Le débit de pointe, en technique traditionnelle de canalisations, est un paramètre extrêmement important puisque c'est lui qui permet de déterminer la section des canalisations qui acheminent les eaux vers l'exutoire ou l'ouvrage de rétention. En ce qui concerne les techniques alternatives, le calcul du débit de pointe se limite à une donnée mentionnée dans le diagnostic pluvial et qui fait référence à l'estimation de ce que génère le terrain, objet du projet, comme débit maximal en cas d'orage. En effet, le Code de l'Environnement insiste sur la nécessité de ne pas aggraver la situation existante. Ainsi, de nombreuses collectivités imposent comme limite de débit de fuite sur la zone, le débit de pointe généré par le terrain avant son aménagement. Il existe un certain nombre de méthodes permettant d'estimer le débit de pointe : la méthode rationnelle, la méthode de Caquot, les méthodes corrélatives, les méthodes mixtes, la méthode du Gradex, la méthode QDF (débit/ durée/fréquence), et les modèles à réservoir.

## 4. Infrastructures individuelles / sur sol privé (diffuses)

### 4.1. Assainissement non collectif : définition et mode de fonctionnement :

L'assainissement non collectif a pour objet de contrôler le traitement et l'évacuation des eaux usées domestiques non raccordées à un réseau collectif et des eaux pluviales publiques, ainsi que leurs rejets dans les exutoires naturels, selon des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement.<sup>71</sup>

La collecte, le traitement et le rejet des eaux usées et pluviales au milieu naturel sont ici réalisés dans la parcelle même de chaque habitation. L'objectif est de préserver les ressources en eau, le patrimoine naturel et la qualité de vie en évitant les rejets directs dans le milieu naturel.<sup>72</sup>

### 4.2. Application au particulier :

Lors d'une construction particulière dans une zone sensible aux risques d'inondation, les règles suivantes devront être respectées<sup>73</sup> :

- Mise en place d'un réseau séparatif
- Absence de construction de garage en sous-sol
- Mise en place de dispositifs d'infiltration de la parcelle
- Mise en place de dispositifs de stockage et de limitation des débits d'eaux ruisselées
- Récupération des eaux pluviales pour des usages non sanitaires (ex : structure stockante intégrées au parking d'une grande surface, bassin de tamponnement)

### 4.3. Entretien d'une installation d'assainissement non collectif<sup>74</sup> :

Les installations d'assainissement non collectif doivent avoir leurs regards directement accessibles (au niveau du sol et faciles à ouvrir) afin de pouvoir être entretenues et vérifiées régulièrement.

Certains signes permettent de repérer facilement des dysfonctionnements dans la filière d'assainissement, notamment :

- La corrosion des ouvrages en béton étant souvent caractéristique d'une mauvaise ventilation, il est nécessaire de la prolonger en toiture, de l'équiper d'un extracteur et de ne jamais l'obstruer
- Dans le cas d'un épandage, la présence d'eau peut signifier la perte de perméabilité du sol. Il peut être nécessaire de fermer alternativement les drains au niveau du regard de répartition pendant quelques mois

<sup>71</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **La contribution des territoires** » - Annexes au schéma directeur de développement et d'urbanisme de Lille Métropole, 36 pages.

<sup>72</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Assainissement : rapport annuel sur le prix et la qualité du service public** » - Station d'épuration de Wattlelos-Grimonpont, 165 pages.

<sup>73</sup> Site Internet : [www.lillemetropole.fr](http://www.lillemetropole.fr) - Lutte contre les inondations

<sup>74</sup> Site Internet : [www.lillemetropole.fr](http://www.lillemetropole.fr) - Lutte contre les inondations

## 5. Les mesures de dépollution des eaux pluviales :

### 5.1. Pollution de la nappe :

#### 5.1.1. Principes généraux <sup>75</sup> :

Un bilan des ressources actuellement disponibles, établissant les besoins futurs en eau et tenant compte de l'abandon des captages non conformes aujourd'hui et après application de la nouvelle réglementation, met en évidence l'insuffisance des ressources en eau souterraine et l'importance de l'approvisionnement par l'usine d'eau potable d'Aire sur la Lys.

Deux facteurs nouveaux menacent la sécurité de l'approvisionnement en eau :

- la baisse du niveau de la nappe du calcaire carbonifère oblige à limiter pour l'avenir l'utilisation de cette ressource
- la contamination de la nappe par des polluants qui va conduire à la fermeture de certains forages du nord de Lille - dont l'environnement urbain ne permet pas d'assurer la protection – et à la réduction de l'exploitation au sud de Lille, en raison d'une qualité hors normes des forages

#### 5.1.2. Limitation de la pollution à la source <sup>76</sup> :

L'examen de la sensibilité de la nappe de la craie aux pollutions fait apparaître une large bande ouest-est située au sud de l'agglomération correspondant à l'anticlinal du Mélantois. C'est sur ces territoires que des mesures sont prioritaires. Pour limiter les pollutions à la source, plusieurs actions sont à mettre en oeuvre :

- **La restauration des réseaux d'assainissement** : Lille Métropole Communauté urbaine et les syndicats d'assainissement procèdent à des études diagnostics qui indiquent une déficience du système d'assainissement responsable d'une pollution de la nappe. Il faut prévoir le remplacement ou la réparation des collecteurs non étanches, en priorité dans les zones les plus sensibles. Dans le cadre de la politique de gestion des eaux, développée notamment par la Lille Métropole Communauté urbaine, des travaux d'assainissement se poursuivent dans la zone des champs captants. Lille Métropole Communauté urbaine a également participé aux travaux d'assainissement dans la zone du sud-ouest de l'arrondissement, hors du périmètre communautaire.
- **La mise en place de bassins de traitement des eaux pluviales** : L'introduction de métaux lourds, d'hydrocarbures et autres polluants d'origines diverses dans les eaux pluviales, est responsable de la détérioration des aquifères. Il faut donc piéger et éliminer, avant leur introduction dans le milieu naturel et les sols, ces différents polluants. Les techniques actuelles (bassin de décantation bétonné à ciel ouvert) ne sont pas forcément les plus efficaces. Elles restent surtout difficilement intégrables en zones fortement urbanisées (consommation d'espace, manque d'esthétisme, présence d'eaux sales). Il faudra donc retenir l'eau en amont ou installer des équipements spécifiques en aval. Le recours à des techniques alternatives plus écologiques, plus facilement intégrables dans le paysage et équivalentes en termes de coût économique s'impose, en particulier dans les secteurs de parcs.
- **La protection des zones de champs captants** : La proximité de la nappe, la faible protection géologique dans certains secteurs (perméabilité des formations superficielles sur la craie), mais aussi l'abondance de la ressource et son caractère irremplaçable posent comme principe d'aménagement la protection de la zone des champs captants, particulièrement des zones de « très forte vulnérabilité » et de « vulnérabilité totale » de la nappe de la craie au sud de Lille, définies dans le projet d'intérêt général (PIG) approuvé par l'État en 1992. En dehors des servitudes liées à l'exploitation en eau potable, la limitation de l'urbanisation, l'adaptation des voiries, l'interdiction de certaines activités industrielles et l'adaptation des pratiques culturelles s'imposent sur les territoires de vulnérabilité de la nappe de la craie.

<sup>75</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Schéma Directeur de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole** » 49 pages.

<sup>76</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine « **Schéma Directeur de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole** » 49 pages.

## 7. Gestion des infrastructures :

### 7.1. Pérennité et entretien, principes généraux :

Le bon fonctionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales dépend étroitement de leur usage et de leur entretien. Leur pérennité est donc directement liée à l'ensemble des informations qui seront fournies sur l'ouvrage - position, description des caractéristiques et des modalités d'entretien - par le propriétaire à tous les services concernés par ces équipements - voiries, électricité, gaz- par l'intermédiaire de documents réglementaires ou de courriers. La Déclaration d'Intention de Commencer les Travaux (DICT) ou une simple note d'information peuvent ainsi convenir.<sup>77</sup>

Le système de collecte des eaux usées et pluviales nécessite une maintenance constante par curage des ouvrages afin de garantir son bon fonctionnement.

#### 7.1.1. Principe du curage :

Nettoyage du réseau ou de l'ouvrage d'assainissement par jet d'eau sous haute pression ou par le passage d'une fusée hydrodynamique afin de décoller les déchets des parois. Selon le degré d'envasement, les éléments décollés (boue, vase, déchets, ...) sont dilués dans les effluents ou sont aspirés par un camion hydrocureur.

#### 7.1.2. Intervenants pour le curage :

- Les quatre unités territoriales d'assainissement : curage des réseaux d'assainissement situés dans leurs secteurs.
- Le service de traitement des eaux usées : curage des stations de pompage et suivi des stations d'épuration
- Les prestataires extérieurs : interventions techniques telles que le passage d'une fusée hydrodynamique, l'aspiration des dépôts présents dans les canalisations, ...

---

<sup>77</sup> Agence de l'eau Artois-Picardie « Vers une nouvelle politique de l'aménagement urbain par temps de pluie » 57 pages.

# TOURNAI

## I. Contexte urbain :



Figure 15 – Carte administrative de la région avec position de Tournai au sein de la Wallonie (source : « Tournaisis - Architecture rurale de Wallonie » Pierre Mardaga Editeur, 200 pages)

# 1. Les composantes naturelles du cycle de l'eau :

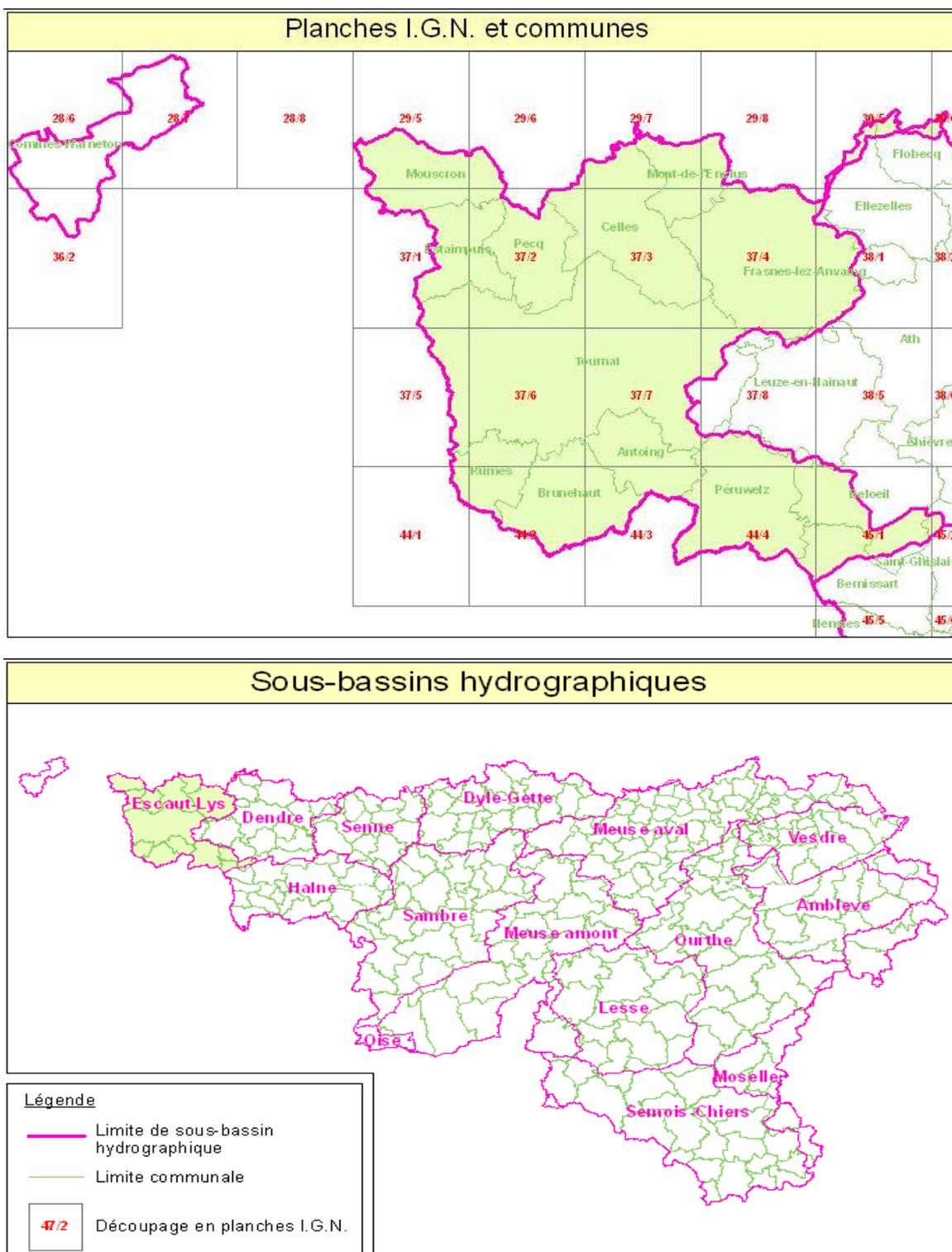


Figure 16 – Localisation et limites communales du sous-bassin « Escaut - Lys » (source : Gouvernement de la Région wallonne, 2006 « Cartographie de l'aléa d'inondation par débordement de cours d'eau - District hydrographique « Escaut » - Sous-bassin hydrographique « Escaut-Lys », partie « Escaut », Annexe 2 - Notice explicative » 8 pages)

## 2. Nombre d'habitants, population :

### 2.1. Données générales :

- Densité de population en 2005 : 315.7 habitants/km
- Superficie : 213.8 km<sup>2</sup>
- 2/3 du territoire constitué par des terres agricoles qui s'étendent sur tout le territoire, à l'exception des creux formés par le relief.

## 3. Historique face aux phénomènes d'inondation par ruissellement des eaux de pluie:

### 3.1. Origine et évolution des phénomènes d'inondation :

#### 3.1.1. Constats des dix dernières années<sup>78</sup> :

- Récurrence élevée d'évènements
- Grande diversité de types d'évènements
- Pas de solution unique
- Nombreux services concernés

#### 3.1.2. L'été 2005 :

Des précipitations exceptionnelles ont été enregistrées le 4 juillet 2005 qui ont, entre autres, fait déborder le « Rieu des Barges », l'un des trois rieux de Tournai (les deux autres rieux étant « Le Plat Rieu » et « Le Rieu Saint-Joseph »)

### 3.2. Résultats de l'analyse AFOM (DGATLP), constatations<sup>79</sup> :

#### 3.2.1. Atouts :

« L'article 136 du CWATUP permet d'interdire et/ou de soumettre à conditions les demandes de permis visant des terrains situés dans un périmètre d'inondation »

#### 3.2.2. Faiblesses :

« Il n'existe aucun inventaire des terrains concernés par les coulées de boues résultant des phénomènes de ruissellement se produisant principalement dans les zones agricoles »

#### 3.2.3. Opportunités :

« Il est indispensable de réaliser systématiquement un repérage précis des terrains situés dans un périmètre d'aléas d'inondations »

<sup>78</sup> Gouvernement de la Région wallonne, Présentation PPT « Le Plan PLUIES II - Prévention et Lutte contre le Inondations et leurs Effets sur le Sinistrés – 2ème partie » 12 pages .

<sup>79</sup> Site Internet : [www.wallonie.be](http://www.wallonie.be) – DGATLP, « Deuxième partie, la DGATLP, ses objectifs - Chapitre 4, renforcer l'attractivité des villes et villages – zones inondables, analyse AFOM ».

### 3.2.4. Menaces :

« Comme le karst, l'inondation est un phénomène évolutif qui dépend des mesures prises à l'amont du bassin-versant mais aussi des changements climatiques et du développement de l'urbanisme des plaines alluviales »

### 3.3. Causes des inondations <sup>80</sup> :

- Cours d'eau récepteurs de faible qualité
- Déficit d'entretien
- Plan de secteur qui n'a pas tenu compte de l'inondabilité des zones
- Pentes de terrain peu fortes mais très longues, sur lesquelles on a supprimé les obstacles à l'écoulement : haies, talus, rebords, ...
- Textures de sol favorables à l'érosion et au ruissellement
- Imperméabilisation croissante des sols suite à l'urbanisation

### 3.4. Réactions politiques face aux inondations :

#### 3.4.1. Réactions au niveau régional :

Le **9 janvier 2003**, le gouvernement wallon, confronté à la récurrence des inondations et aux dommages occasionnés par celles-ci, fait part de sa résolution de s'attaquer aux facteurs structurels facilitant l'ampleur des inondations.

Un plan global et intégré de prévention et de lutte contre les inondations est mis en place qui se dénomme « **Plan PLUIES** » (**Prévention et Lutte contre les Inondations et leurs Effets sur les Sinistrés**) et qui intègre toutes les dimensions de la politique régionale en la matière. Le Plan PLUIES veille également à la cohérence des mesures concernant les sous-bassins versants.

Cinq objectifs sont énoncés et articulent le Plan PLUIES :

- améliorer la connaissance du risque « inondation » et des phénomènes de crue (enquête auprès des communes wallonnes afin de mettre en valeur les « points noirs »)
- diminuer et ralentir le ruissellement sur les bassins versants (activation de 7 mesures agro-environnementales favorisant la rétention de l'eau)
- aménager les lits des rivières et les plaines alluviales
- diminuer la vulnérabilité dans les zones inondables (élaboration de cartes de zones d'inondation reprenant les zones sur lesquelles des inondations sont susceptibles de se produire et reposant sur la combinaison des deux notions suivantes : la récurrence d'une inondation et la submersion. Ces cartes sont assorties d'un règlement régional d'urbanisme applicable à ces zones)
- améliorer la gestion de crise afin de réduire les dommages réels (programme triennal, équipement des communes, réseau de télémesure, limnimétrie et mise en place du système WACONDAH du SETHY)

La mise en place de 28 actions, dans les cinq domaines de compétence les plus concernés, est actée lors de la décision du Gouvernement wallon du **24 avril 2003**.

<sup>80</sup> Site Internet : [www.tournai.be](http://www.tournai.be) - Ville de Tournai (2004) « **Schéma de Structure Communal** »

## 4. Urbanisation :

### 4.1. Typologie du bâti et morphologie du développement urbain <sup>81</sup> :

En partant du centre urbain et en s'éloignant vers les zones non bâties, on trouve successivement :

- **Centre historiques de village ou hameau** : bâti ancien relativement dense et implanté le long de rues sinueuses et de placettes
- **Extensions villageoises périphériques** : bâti moins dense qu'en centre ancien et plus diversifié ; les maisons peuvent être jointives ou dissociées, anciennes ou relativement récentes
- **Lotissements et ensembles homogènes** : bâti de caractère résidentiel peu dense de par son implantation isolée sur une parcelle (4 façades) Cet habitat homogène est caractéristique des quartiers périphériques
- **Ensembles homogènes à caractère économique** : bâti linéaire discontinu de caractère fonctionnel. Ses caractéristiques urbanistiques et architecturales se démarquent assez fortement de celles des constructions résidentielles
- **Ensembles hybrides d'entrée d'agglomération** : bâti linéaire discontinu de caractère hybride. Tout comme les extensions, cette structure se développe aux abords des centres historiques
- **Bâti isolé** : bâti isolé structurant généralement situé non loin des noyaux bâtis. Les meilleurs exemples sont les fermes et châteaux qui marquent les paysages proches des villages.

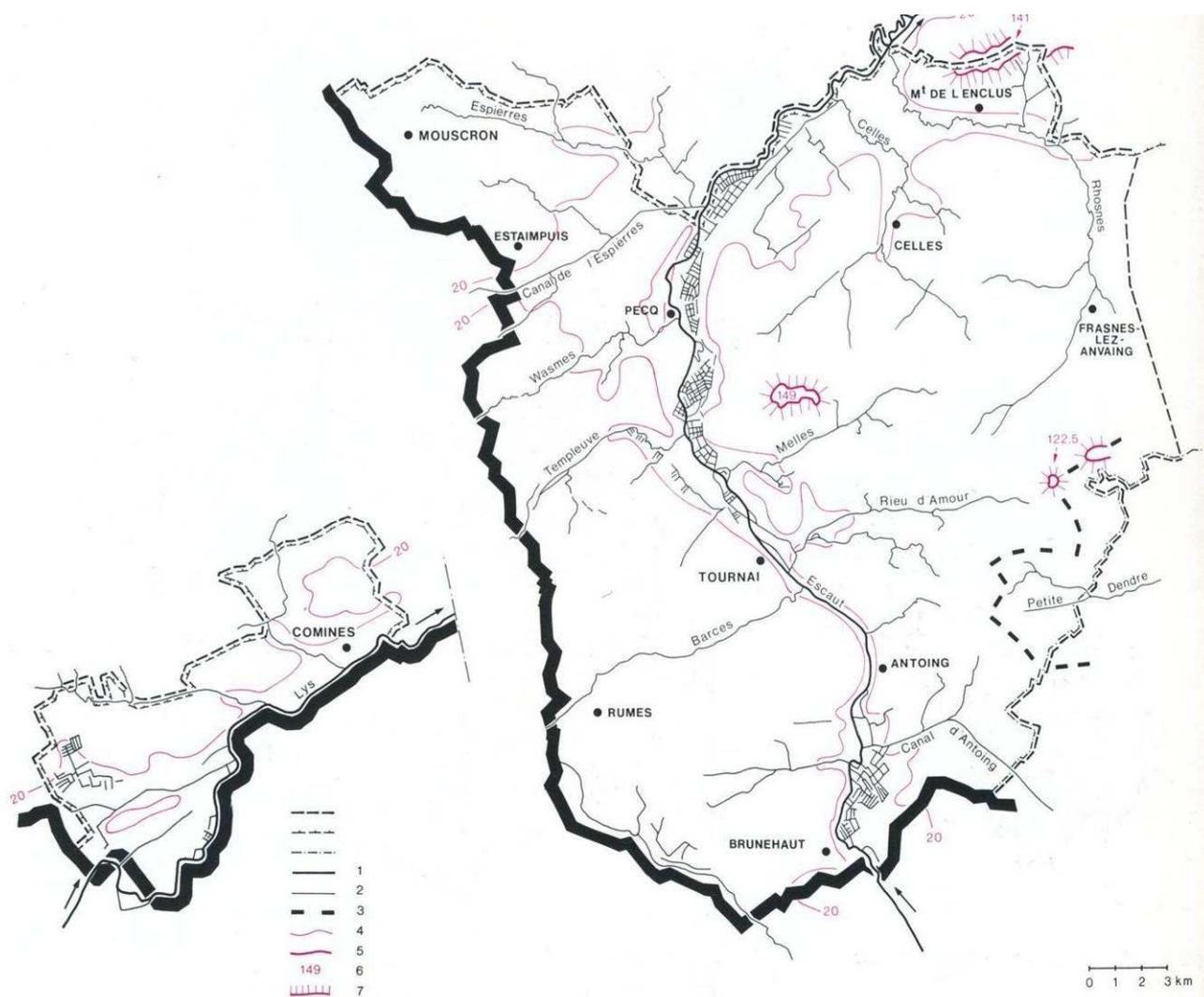
### 4.2. Eléments du relief <sup>82</sup> :

Les paysages tournaisiens ne sont pas du tout uniformes malgré un relief peu prononcé. On peut en effet distinguer 5 territoires paysagers :

- **La plaine scaldienne à l'ouest de Tournai** : région de grandes cultures agricoles
- **La vallée urbanisée de l'Escaut et ses carrières** : paysage urbanisé marqué par le cours d'eau
- **Les bas-plateaux d'Ath et de Soignies** : les cultures dominent les prairies de fond de vallée
- **Les buttes du Tournaisis** : paysage au relief de collines boisées
- **La plaine de Celles et Anvaing** : paysages de labours très morcelés

<sup>81</sup> Site Internet : [www.tournai.be](http://www.tournai.be) - Ville de Tournai (2004) « **Schéma de Structure Communal** »

<sup>82</sup> Site Internet : [www.tournai.be](http://www.tournai.be) - Ville de Tournai (2004) « **Schéma de Structure Communal** »



CARTE 8. LE RELIEF DU TOURNAISIS

1. Cours d'eau principal
2. Cours d'eau secondaire et canal
3. Limite des bassins versants de l'Escaut et de la Dendre

4. Courbe de niveau de 20 m
  5. Courbe de niveau de 100 m
  6. Côte d'altitude des sommets
  7. Collines avec pentes supérieures à 8 %
- (D'après les cartes topographiques au 1/25.000 de l'I.G.N.).

Figure 17 – Réalité physique du site (source : « **Tournaisis - Architecture rurale de Wallonie** » Pierre Mardaga Editeur, 200 pages)

## **II. Techniques préventives mises en œuvre : mesures structurelles :**

### **1. Mesures techniques de protection :**

Peu de mesures sont prises dans le cas de la ville de Tournai. Les infrastructures mises en place le sont à l'échelle individuelle. Il s'agit essentiellement de citernes destinées à la récolte des eaux pluviales.

# FRIBOURG EN BRISGAU (quartiers Vauban et Rieselfeld)

## I. Contexte urbain :

### 1. Nombre d'habitants, population : répartition, densité,...

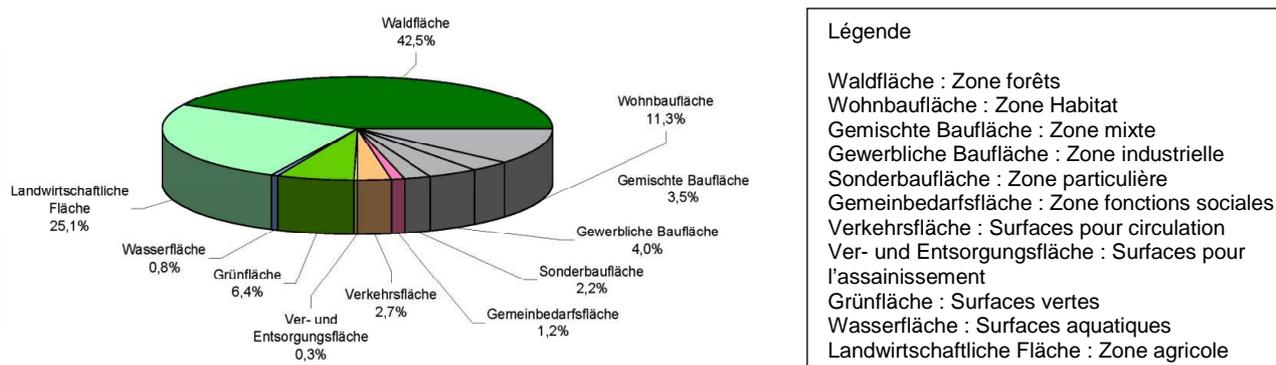
#### 1.1. Démographie et population :

La ville de Fribourg comptait le 1er janvier 2006 206.255 habitants pour une surface de 150 km<sup>2</sup>. En établissant le calcul de l'évolution démographique pour l'horizon 2020, la ville de Fribourg continuera à croître et atteindra son zénith en 2012 avec 208.074 habitants, pour ensuite redescendre à 206.000 habitants en 2020. Ce calcul tient compte de l'immigration, du vieillissement de la population et de la diminution des naissances.

Jahr	Bevölkerung am 1.1.	natürliche Bewegungen			Wanderungsbewegungen			Zusammen Saldo
		Geburten	Sterbefälle	Saldo	Zuzüge	Wegzüge	Saldo	
2003	203503	1913	1829	84	24292	22992	1300	1384
2004	204887	1900	1834	66	24167	23217	950	1016
2005	205903	1891	1839	52	23659	23359	300	352
2006	206255	1877	1843	34	23654	23354	300	334
2007	206589	1868	1847	20	23674	23374	300	320
2008	206910	1861	1853	8	23709	23409	300	308
2009	207217	1856	1860	-4	23754	23454	300	296
2010	207513	1853	1868	-15	23808	23508	300	285
2011	207798	1850	1874	-24	23867	23567	300	276
2012	208074	1847	1878	-31	23427	23627	-200	-231
2013	207843	1838	1880	-42	23387	23587	-200	-242
2014	207602	1829	1880	-51	23356	23556	-200	-251
2015	207351	1820	1878	-58	23334	23534	-200	-258
2016	207093	1812	1875	-63	23328	23528	-200	-263
2017	206830	1804	1874	-70	23339	23539	-200	-270
2018	206559	1796	1873	-77	23358	23558	-200	-277
2019	206282	1788	1871	-83	23381	23581	-200	-283
2020	206000							

Figure 18 – Pyramide des âges pour 2005 et 2020, âge et année (source : Th. Willmann, « **Zwischenbericht zur Entwicklung der Freiburger Bevölkerung bis 2020** »)

Dans le Plan d'Occupation des Sols 2020, le territoire de la ville de Fribourg de 150 km<sup>2</sup> est réparti de la manière suivante :



<b>Nutzung</b>	<b>Umfang</b>
<b>Baufläche</b>	<b>3220,1 ha</b>
Wohnbaufläche	1731,5 ha
Gemischte Baufläche	538,8 ha
Gewerbliche Baufläche	611,5 ha
Sonderbaufläche	338,3 ha
<b>Gemeinbedarfsfläche</b>	<b>178,5 ha</b>
<b>Verkehrsfläche</b>	<b>409,2 ha</b>
Straßenverkehrsfläche	240,2 ha
Bahnfläche	169,0 ha
<b>Ver- und Entsorgungsfläche</b>	<b>48,3 ha</b>
<b>Grünfläche (Sportplätze, Parkanlagen, Kleingärten, Friedhöfe, etc.)</b>	<b>977,4 ha</b>
<b>Wasserfläche</b>	<b>117,9 ha</b>
<b>Landwirtschaftliche Fläche</b>	<b>3849,6 ha</b>
<b>Waldfläche</b>	<b>6506,3 ha</b>

Presque la moitié du territoire consiste en forêts dont 25% sont utilisés pour l'urbanisation et 25% pour l'agriculture.

## 2. Historique face aux phénomènes d'inondation par ruissellement des eaux de pluie :

La ville de Fribourg se situe en bordure de la plaine gravière du Rhin et du massif de la Forêt Noire, constitué essentiellement de Orthogneis et Paragneis, tandis que le vieux centre ville s'est installé sur la roche Metatexit au pied du Massif rocheux.

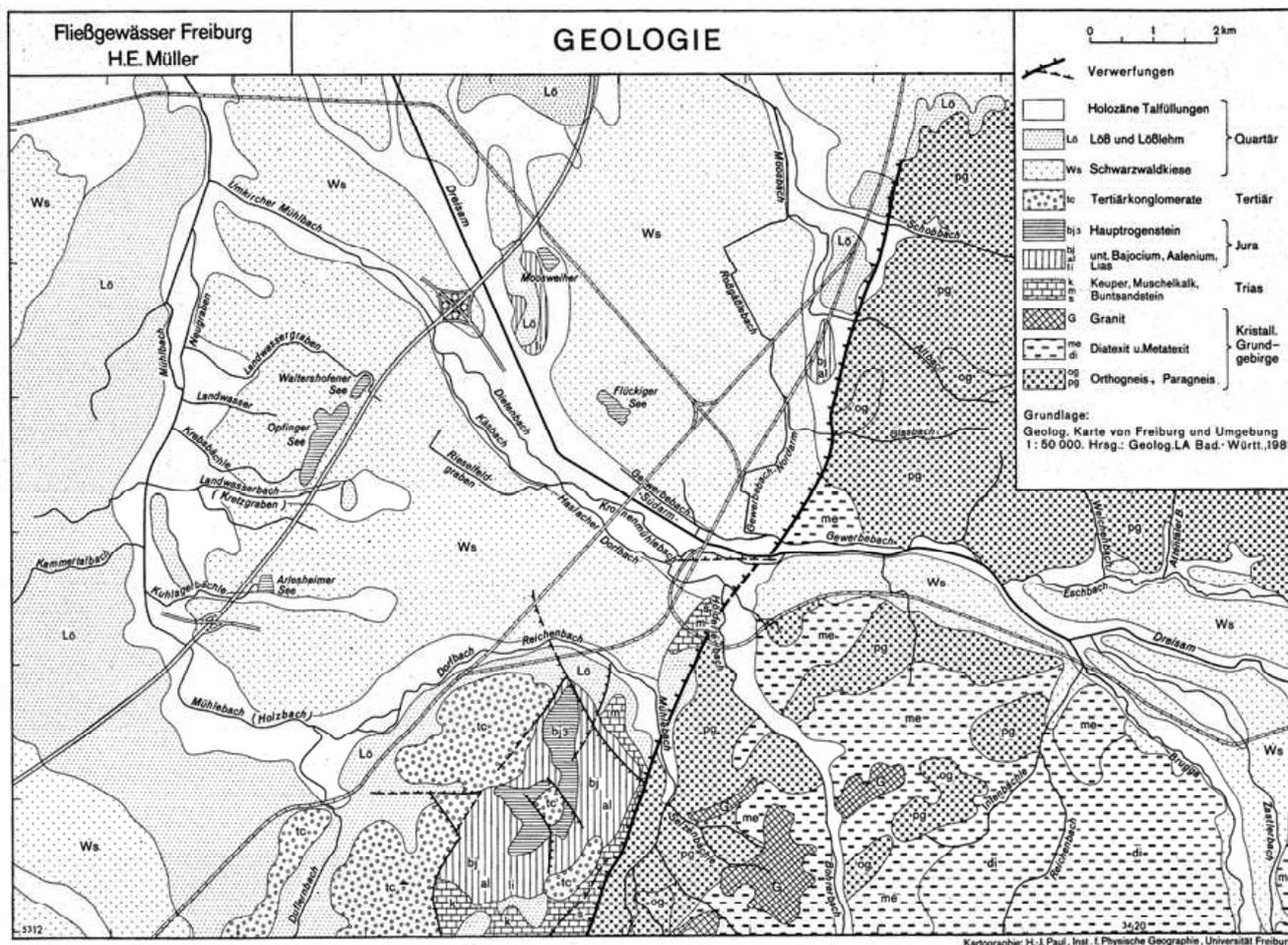


Figure 19 – Carte géologique : les deux quartiers Rieselfeld et Vauban sont situés dans la plaine gravière du Rhin.

Plusieurs inondations ont eu lieu dans l'histoire de la ville, essentiellement dues aux crues rapides de la Dreisam, la rivière de première catégorie descendant du massif de la Forêt-Noire. La rivière est fort canalisée, l'eau de la Dreisam s'écoule rapidement en passant à travers la ville.

### 2.2. Réactions politiques aux inondations :

**Après les inondations catastrophiques du mois d'août 2002** en Saxe (Dresde) et peu de temps après en Bavière, l'Etat fédéral et les états fédéraux ont adopté la loi sur l'eau (Wassergesetz) en 2005 (voir chapitre Instruments juridiques). En suivant le contenu de la loi, la gestion de l'eau et des inondations fut étudiée dans le cadre du nouveau plan d'occupation des sols (FNP 2020).

Selon le § 77(1) de la loi sur l'Eau, en plus des surfaces adoptées pour la retenue de l'eau dans les plans d'urbanisme, les surfaces suivantes sont prévues comme surfaces inondables, sans qu'une autre détermination de fonction soit adoptée :

- les zones entre les cours d'eau de surface et les digues: ceci concerne à Fribourg les surfaces endiguées le long de la Dreisam
- les zones, qui seraient inondées selon les critères d'inondation centenaire (niveau calculé en référence à la hauteur atteinte par une inondation tous les 100ans – HQ100). Pour quatre cours d'eau, les limites d'inondation furent calculées sur base du HQ100. Ce calcul correspond pour le Mühlbach à une surface

de 158,8 ha, pour le Eschbach (Ebnet) une surface de 72ha. Pour le Eschbach, une surface de l'ordre de 36 ha fut déjà attribuée en 1994 (Ordonnance du 23.12.1994). D'autres zones inondables furent décidées pour le Dorfbach à St-Georgen (Gäßlewiesen) ainsi que pour le Dorfbach à Haslach (Marienmatten).

Selon le §77 (2) WG, les centres des surfaces inondables doivent rester zones à pâturages. De plus, la plantation ou l'abattage d'arbres ou haies fait l'objet d'une autorisation (§ 78 WG), ainsi que la transformation ou la construction de bâtiments ou autres.

L'administration de la ville suit de très près la gestion des zones inondables et contrôle intensivement l'occupation des terrains. Le service « Environnement » de la ville est responsable pour la gestion des zones.

Pour répondre à la demande accrue de gestion de l'eau, la Ville de Fribourg a créé son propre **service public responsable pour l'assainissement** « Eigenbetrieb Stadtentwässerung ». Parallèlement au service public, la Ville créait également une **entreprise semi-privée** (public private partnership), la « Badenova AG & Co. KG », une entreprise où la société Thula AG (Energie, Eau, Assainissement) possède 49% des parts. Les autres 51% des parts sont réparties entre les communes partenaires, la ville de Fribourg possédant les parts les plus importantes (60%). Le service public et la société privée Badenova travaillent main dans la main dans le cadre des projets d'urbanisme, de gestion du réseau, etc. Badenova a été mandatée par le Service Public pour la récolte des taxes sur les eaux usées. Badenova possède également son propre bureau d'études, financé entre autres par les taxes prélevées.

### 3. Affectation du sol :

L'affectation du sol de la Ville de Fribourg a été rapidement évoquée dans le point 2.2. Réactions politiques aux inondations.

**La vision d'aménagement du territoire consiste dans l'élaboration d'un modèle urbain compact et vert, fonctionnant essentiellement sur la base des transports publics. Les flux de circulation automobile sont rejetés de préférence en-dehors des quartiers, priorité est donnée aux piétons, cyclistes et transports publics. Le Modal Split de Fribourg montre une dominance du transport public et des cyclistes, le transport individuel est réduit.**

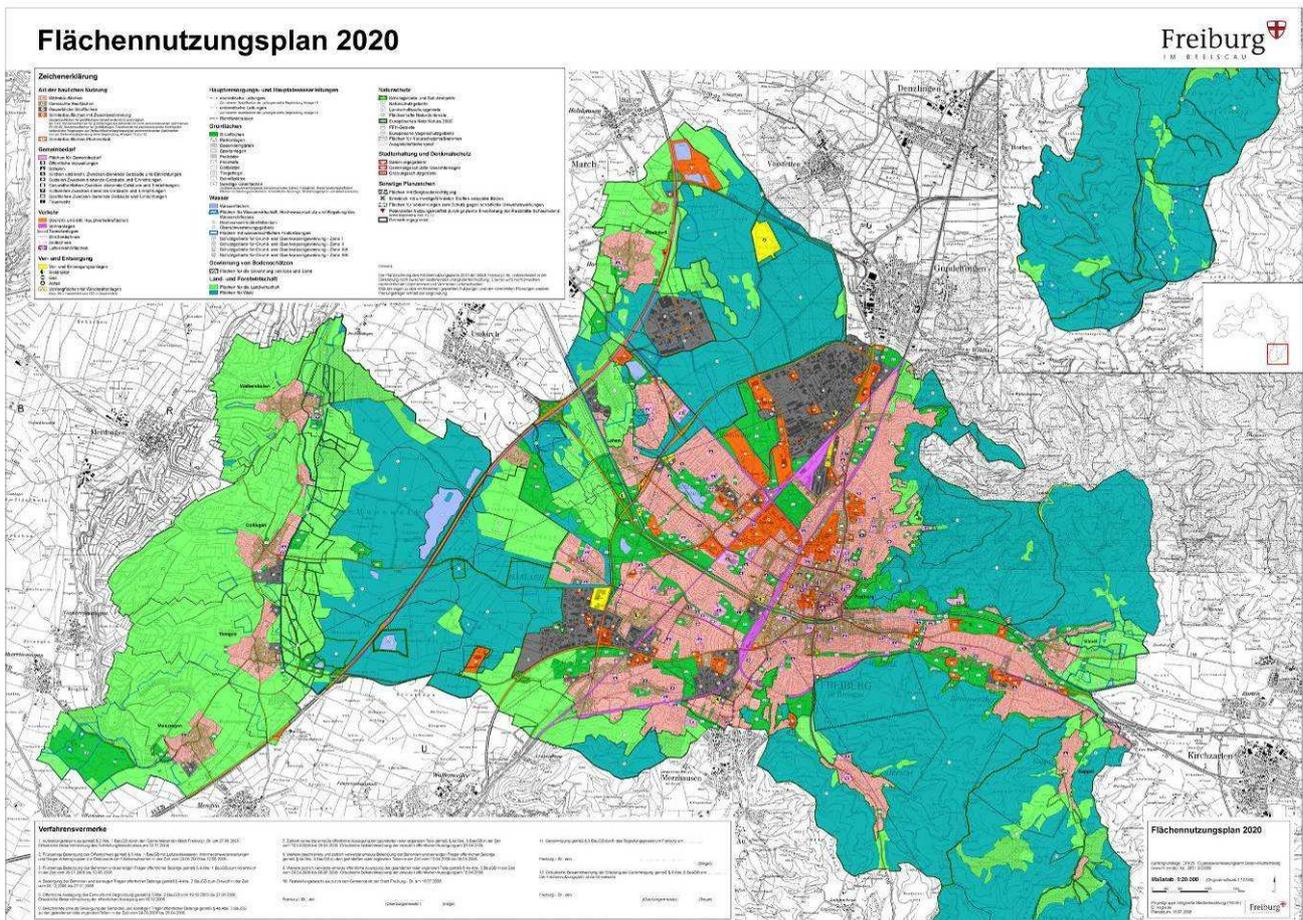


Figure 20 – plan d’occupation des sols 2020.

### 3.1. Quartier Vauban - description de la structure urbaine :

Le quartier Vauban est destiné à l’habitat, entrecoupé par des structures vertes et traversé par une ligne de tramway. L’habitat y est dense et les équipements sociaux sont situés en périphérie.

### 3.2. Quartier Rieselfeld - description de la structure urbaine :

Le quartier Rieselfeld est destiné à l’habitat, une zone centrale mixte accompagnant le tramway, des équipements collectifs tels que église, école, jardins d’enfants, entouré par une couronne boisée. L’habitat y est dense.

## 4. Urbanisation :

### 4.1. Développement urbain Ville de Fribourg en Brisgau

#### 4.1.1. Ville de Fribourg :

Après la construction par la maison des Zähringer d'une forteresse sur le Schlossberg en 1091, Konrad et le duc Bertold III scellent l'acte de fondation du marché et élèvent ainsi en 1120 au rang de ville les petits établissements du Sud de l'actuelle vieille ville et d'Oberlinden.

Le droit de marché, la facilité d'accès et les riches gisements d'argent de la Forêt-Noire contribuent à la croissance rapide de Fribourg, ainsi qu'à sa prospérité et à sa puissance. En 1200, Bertold V lance les travaux d'une nouvelle et grande église paroissiale, la cathédrale actuelle. Les habitants de la cité assumeront ensuite la responsabilité financière de sa construction qui, achevée dès 1513, en fait l'une des seules cathédrales bâties presque entièrement en style gothique.

À la mort du dernier duc de Zähringen, Bertold V, en 1218, son neveu Eginol lui succède, de la maison des comtes d'Urach qui se nommeront par la suite comtes de Fribourg. Leurs 150 ans de règne sont surtout marqués par les guerres avec d'autres souverains et les querelles avec la population de la ville, de sorte qu'en 1368, les riches bourgeois se libèrent de leur tutelle pour 15 000 Marks d'argent et se placent sous la domination des Habsbourgs.

Après un premier déclin, la ville grandit et prospère, devient ville impériale de 1415 à 1427 et accueille en 1457 l'université, fondée par l'archiduc Albrecht et qui sera reprise par les jésuites en 1620.

Pendant la Guerre de Trente ans, la ville survit à plusieurs sièges, mais voit sa population décimée et réduite à 2 000 habitants, tandis que les faubourgs sont très largement détruits. Les destructions atteignent un point culminant en 1677 avec la prise de la ville par les troupes françaises qui va constituer un tournant dans son histoire. Sur ordre de Louis XIV, son commissaire des fortifications Vauban achève les constructions commencées par les Autrichiens, fait raser les remparts de la ville et construit autour de la vieille ville des fortifications à huit bastions. Il fait également construire trois forts superposés sur le Schloßberg à la place de l'ancienne forteresse.

À partir de 1697, Fribourg change plusieurs fois de mains entre la France et l'Autriche jusque 1745 où elle retombe sous la domination autrichienne. Lors de leur retraite, les Français rasent toutes les fortifications. En 1805, Napoléon intègre Fribourg au grand-duché de Bade, nouvellement créé et qui sera entraîné dans les Guerres de libération de 1813/14.

Au cours des années qui suivent, la ville se développe et devient un centre économique et politique de l'Est du Rhin supérieur. En 1821, elle accueille le siège de l'évêché à la place de Constance. En 1845, la première ligne de chemin de fer entre la nouvelle gare de Fribourg et Offenbourg est mise en service.

La révolution de 1848/49 voit se dérouler à Fribourg des combats entre partisans et troupes gouvernementales. Les politiciens libéraux Carl von Rotteck et Carl Theodor Welcker enseignent à l'université.

Au cours de la deuxième moitié du 19<sup>ème</sup> siècle, Fribourg s'accroît considérablement et de nouveaux quartiers entiers, comme la Wiehre et Stühlinger, voient le jour. En 1899, l'université de Fribourg est la première d'Allemagne à accepter l'inscription d'une femme. En 1910, le théâtre municipal est inauguré, en 1911 les nouveaux bâtiments de l'université.

En 1920 et 1921, le président du Reich nomme chanceliers deux Fribourgeois, Konstantin Fehrenbach et Joseph Wirth. En 1938, la synagogue brûle à Fribourg comme ailleurs. Le 27 novembre 1944, une attaque aérienne détruit de vastes quartiers, mais la cathédrale n'est que légèrement touchée. En avril 1945, les Français occupent Fribourg et y installent en 1946 le gouvernement et l'administration du land de Bade. Depuis la réunion avec le Wurtemberg en 1952, Fribourg est le siège du Regierungspräsidium.

Aujourd'hui, **la ville compte près de 200 000 habitants**, dont environ 30 000 étudiants de l'université, des écoles supérieures d'enseignement technique et de l'institut de formation des enseignants - autant de centres d'enseignement supérieur qui profitent aux nombreux instituts de recherche.

La **prospérité économique** est due pour l'essentiel aux nombreuses petites et moyennes entreprises du tertiaire, dans les secteurs de la technique médicale, de la pharmacie, de l'énergie solaire, de la biotechnologie et de l'électronique.

#### 4.1.2. Quartier Vauban :

Le terrain de l'ancienne caserne Vauban des forces armées françaises, d'une superficie d'environ 41 ha, est situé à la périphérie sud de la ville de Freiburg et limitrophe de la commune voisine de Merzhausen. La Ville de Freiburg a acquis ce terrain sur la base du droit régissant les mesures de développement conformément au Code de l'urbanisme, dans le but d'y initier un développement urbanistique ordonné.

**Un aspect essentiel de cette opération d'acquisition de terrain consistait à mettre au point une offre permettant à de larges couches sociales de la population de devenir propriétaires dans ce quartier.**

En acquérant le terrain, la ville a pu diriger directement les opérations de parcellisation du terrain et de vente des parcelles. La ville de Fribourg acheta le terrain à l'Etat fédéral pour 20 millions d'EUR, tandis que l'Etat prenait en charge 90% des 10 millions d'EUR nécessaires à la dépollution du site (décapage des terres sur 40cm).

Le plan d'aménagement urbain est basé sur le concept urbanistique du projet du bureau d'architecture Kohlhoff & Kohlhoff, Stuttgart, premier prix du concours d'idées lancé par la ville. Ce concept se caractérise par sa solidité et peut s'adapter à des conditions de base pouvant varier au cours du processus de développement sans qu'il n'y ait rupture avec le concept global. Il est ainsi possible de procéder à des modifications au cours du processus de planification, au sens d'une planification évolutive.

Le concept d'urbanisation comprend les fonctions suivantes :

- 2000 logements pour une capacité de 5000 habitants,
- 2 garages collectifs de 460 places.

La location d'une place de parking coûte 1500 euros à l'année, le terrain viabilisé est vendu entre 400 et 450 euros/m<sup>2</sup> (prix oscillant de 400 à 600 euros/m<sup>2</sup> à Freiburg). Le volume financier total à engager par la municipalité pour l'ensemble des 3 tranches du projet Vauban fut de 85 millions d'euros (achat de terrain, viabilisation, travaux, publicité, aides financières,...).

Le prix au m<sup>2</sup> des logements de promoteurs est 250 EUR/m<sup>2</sup> plus cher en moyenne, 40 % des habitants sont locataires, et 60 % des habitants sont propriétaires.

#### 4.1.3. Quartier Rieselfeld :

En février 1991, en raison du besoin urgent en habitat, la ville de Fribourg pris la décision d'aménager une surface de 78ha de la grande étude du Rieselfeld. Dans les 4.200 logements prévus, une population d'environ 10.000 personnes devrait trouver place.

Après un concours d'urbanisme et de paysage lancé en 1991, le premier prix d'un bureau d'architectes de Fribourg (Architektengemeinschaft B.E.M.S) fut développé et débuté en 1993. Le nouveau quartier a une surface de 78 hectares et est implanté dans la surface de 320 hectares du Rieselfeld. Le quartier pourra offrir jusqu'en 2010, date de finition du quartier, de la place pour 10.000 à 12.000 personnes dans environ 4.500 logements. Le quartier a une haute densité avec un coefficient d'occupation au sol supérieur à 1,0. Les constructions sont en grande partie des bâtiments à plusieurs étages et des maisons plurifamiliales avec un maximum de 5 étages. Une structure en petites parcelles a été créée, de façon à arriver à des formes variées du bâti et à différentes typologies de bâtiments pour les différents groupes d'habitants (de la maison jumelée jusqu'au bloc continu 5 étages).

Les formes d'usage sont la propriété privée et le locatif.

Depuis 1993, plusieurs plans de détail ont été développés, chacun dans l'espace de 2 années (principe de la planification en apprentissage).



Les principales directives du projet en rapport avec le développement durable :

#### - Ecologie

Eaux : le concept d'utilisation des eaux de pluie : les eaux de pluie sont collectées séparément et réinjectées complètement à la nappe phréatique du Rieselfeld après une épuration biologique.

Sols : la minimisation de l'imperméabilisation des surfaces publiques et privées ainsi que l'enlèvement en surface du matériau du sol contaminé.

Energie : le concept énergétique est caractérisé par l'orientation et les distances du bâti, l'obligation de la construction passive avec une consommation énergétique justifiable de 65kWh/m<sup>2</sup> par an.

Circulation : systèmes de transports innovants avec priorité au tramway, circulation piétonne et cycliste, ainsi que zone 30 sur l'ensemble du quartier.

Espaces verts : le grand espace du Rieselfeld est mis à disposition des habitants, en tant que « leur » réserve naturelle. Un parcours Nature leur permet de comprendre leur réserve naturelle. Le nouveau quartier présente un concept écologique de petites surfaces entre les blocs bâtis sous forme de réseau vert, les aménagements des surfaces vertes sont de très haute qualité.

#### - Economie

Les investissements publics sont de l'ordre de 140 milliards d'Euro, les investissements privés environ 1,30 milliards d'Euro.

#### - Socioculturel

Haute identification des nouveaux habitants et image positive, infrastructure publique et privée intégrée dès le début, création de structures équilibrées et de formes d'habitat variées, ouvertes aux jeunes et aux personnes âgées. Les familles reçoivent une attention particulière. Des surfaces mixtes pour commerces et bureaux sont intégrées dans les surfaces à bâtir, afin d'encourager la mixité du quartier et renoncer aux déplacements entre maison et travail.

## 4.2. Structure urbanistique actuelle :

### 4.2.1. Quartier Vauban :

L'allée Vauban, mise en zone 30 km/h, constitue l'axe central de développement et sert uniquement au raccordement du nouveau quartier, une liaison avec les quartiers voisins n'est pas possible. Les terrains de construction adjacents à l'allée Vauban sont aménagés en zones résidentielles à vitesse limitée. Du fait du rattachement routier en forme de "U", le trafic de passage dans les zones d'habitation est inexistant. Le plan d'aménagement urbain exclut des places de parking devant les immeubles. Il prévoit que les habitants

propriétaires d'automobiles doivent "acheter" leur place de parking à la limite du quartier, dans des garages collectifs. Cette disposition a pour résultat que les zones à vitesse limitée ont gagné une grande qualité de vie, d'autant plus qu'aucun emplacement de parking public n'est prévu dans les zones d'habitation en forme de "U". La rue est devenue un espace de rencontre et de vie, particulièrement pour les enfants.

La structure, essentiellement constituée de petites parcelles, de l'espace à bâtir et la vente préférentielle des terrains à des particuliers et à des collectifs de construction a permis la **diversité au niveau urbanistique** et architectural. À cela s'ajoute une **mixité des couches sociales**, le tout contribuant à doter le quartier d'une animation à multiples facettes.

Les aspects écologiques constituent un cadre commun pour les devoirs au niveau de la construction des pouvoirs publics et des investisseurs privés : l'utilisation optimale de l'espace constitue une thématique essentielle. La réalisation d'une infrastructure modérée et des rues de largeur réduite ont permis de ramener à 17 % la part de l'espace nécessaire pour la viabilisation publique. Les canalisations d'eaux pluviales habituelles ont été remplacées par des caniveaux pavés qui reçoivent aussi bien les eaux de ruissellement des rues que des toits, si ces dernières ne sont pas recueillies dans des citernes. Un système de cuvettes et de tranchées filtrantes permet d'alimenter la nappe phréatique.

Les terrains des maisons en rangée sont également découpés en fonction des surfaces, limitées, disponibles : terrains de 160 m<sup>2</sup> pour une maison de 6 m de largeur située au sein de la rangée. Pour un rapport plancher-sol de 0,5 et un coefficient d'occupation du sol de 1,4, il en résulte des maisons en rangée d'une hauteur pouvant atteindre 13 m. La pente des toits peut varier librement de 0 à 45 degrés et contribue à la diversité des constructions.

Les bâtiments d'habitation doivent être construits sur le modèle des maisons à "faible consommation d'énergie" et répondre aux exigences, dépassant la législation en matière d'isolation, du mode de calcul plus strict de la ville de Freiburg. Cette obligation est inscrite dans les contrats de vente des terrains. Cette obligation est également remplie par la commune pour la construction de l'école élémentaire et des jardins d'enfants. Le système de chauffage actuel n'est que provisoire. Il sera ultérieurement assuré par des centrales de chauffage fonctionnant aux copeaux de bois et par une centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance. Un site a été réservé dans le secteur nord du quartier pour la construction de cette centrale. Souhaitant atteindre une qualité supérieure, certains constructeurs appliquent d'eux-mêmes des critères encore plus rigoureux : il en résulte des maisons dites "maisons passives" ainsi que des maisons dites à "énergie positive", c'est-à-dire des maisons produisant, sur une année, plus d'énergie qu'elles n'en consomment.

Un magnifique peuplement forestier vieux d'une soixantaine d'année constitue la structure verte de base du Quartier Vauban. Ce peuplement a dû être pris en compte dès la phase d'élaboration du projet. Il en est de même des voies de circulation.

Des bandes vertes séparent les zones de construction, assurent le renouvellement de l'air et servent d'espaces de détente, de vie et de jeu pour les habitants du quartier. Les rives et les abords du ruisseau "St. Georgener Dorfbach", protégés en tant que biotope par l'article 24 de la loi sur la protection de la nature, présentent une qualité exceptionnelle.

Outre le raccordement aux transports en commun existants, une ligne de tramway traverse le quartier au milieu et permet une correspondance directe avec le réseau express régional (Regio-S-Bahn) passant à l'ouest du quartier.

## 4.2.2. Quartier Rieselfeld :



Figure 21 – Plan final du Rieselfeld en 2010.

L'eau est un élément important dans le Rieselfeld. Au Nord du nouveau quartier, on distingue le fossé existant du Rieselfeld, tandis qu'au centre du quartier, un fossé d'infiltration est créé au sein d'une zone verte publique. L'espace vert paysager, reliant à partir du Nord l'espace nature I et pénétrant jusqu'au centre du nouveau quartier, contient les infrastructures publiques (église, écoles) et les surfaces de sport. Le côté ouest est déjà la zone naturelle. Prairies, arbustes bas et haies caractérisent ce paysage. Au sud, une surface boisée existante remplit la fonction d'encadrement. Au sud de ce bois, des surfaces d'activités et commerciales sont implantées. Dans l'axe central du quartier, la nouvelle ligne de tramway, installée avant que les premières constructions débutent, détermine l'organisation du quartier. Cet axe structure le quartier en 4 parties bien distinctes. Les bâtiments à 4 et 5 étages sont dans le centre du quartier et à l'est. Les bâtiments à 2 étages sont situés au nord-ouest et sud-ouest, et permettent une transition harmonieuse avec le paysage ouvert.

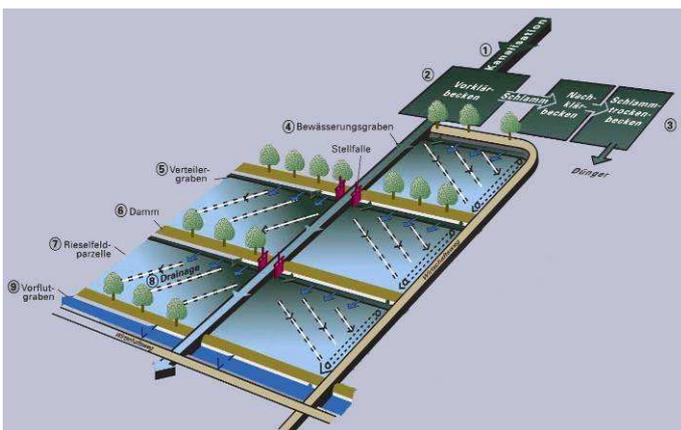
## 7. Composantes spécifiques du cycle de l'eau naturel :

La ville de Fribourg est une des dernières villes en Europe, qui jusque peu, dispersait ses eaux usées sur un « Rieselfeld », une surface d'amondage. Cette pratique de traiter les eaux usées nous vient du 19ème siècle, alors que l'on commençait à hygiéniser les villes, en transportant les eaux ménagères et industrielles hors de l'urbanisation. Les premières tentatives, par la mise en canalisation et la continuation dans un conduit de décharge, furent abandonnées à cause de la pollution dans les canalisations. Et le conduit principal d'évacuation, la rivière Dreisam, était insuffisante en raison de son irrégularité. La Dreisam est bien souvent pendant plusieurs semaines à sec.

Après que dans les années 80, les premières canalisations furent installées et raccordées aux premiers conduits d'évacuation, la ville de Fribourg remarqua l'importance d'un Rieselfeld, d'un champ d'amondage. Pour la réalisation de ce champ, 320 hectares de forêts furent déboisés, et une entreprise fut chargée de la culture de ce champ. Sur plus de 200 parcelles, l'eau s'infiltrait donc lentement et s'écoulait par des drainages pour finalement percoler dans la nappe. Les résidus récoltés étaient ensuite réutilisés comme compost et substrat pour les jardins.

En raison de la topographie et du relief, les nouveaux quartiers de ce siècle ne purent être raccordés au Rieselfeld, et des stations d'épuration indépendantes furent construites dans les années 1950 et 1960.

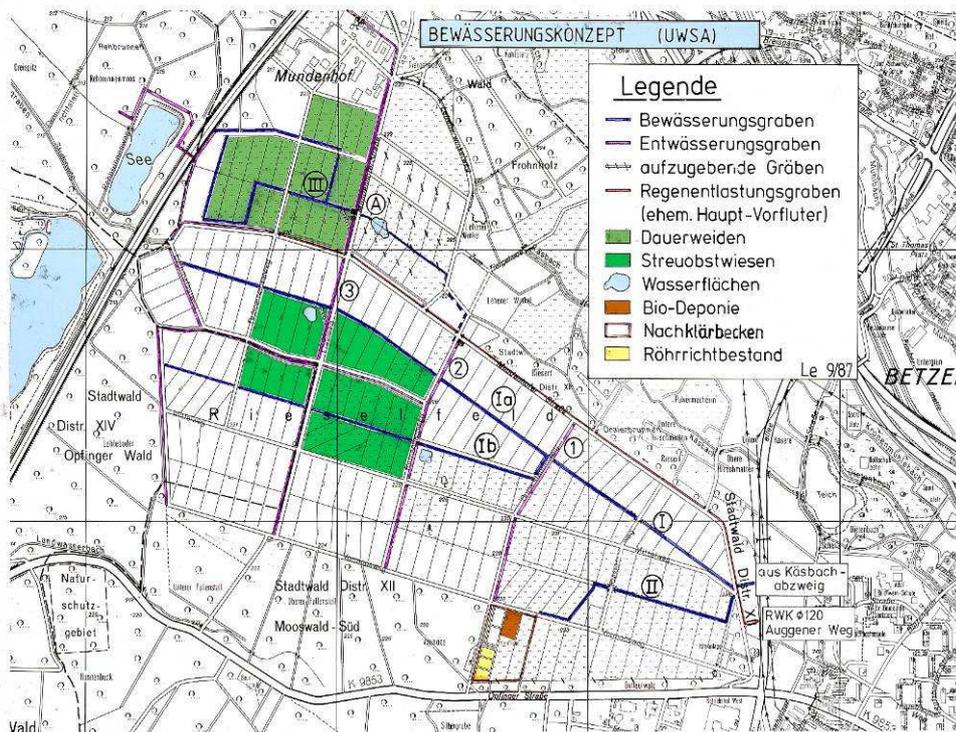
Les responsables de l'assainissement de la ville développèrent dans les années 1960 le plan d'une grande station d'épuration, chose faite en 1966 avec l'association « Abwasserzweckverband Breisgauer Bucht ». Après 12 années de construction pour les canalisations et 3 années pour la station d'épuration mécanique-biologique, le système global entra en fonction en 1980. En 1985, le Rieselfeld pouvait enfin être mis hors fonction, et l'entreprise chargée de l'entretien fut transformée pour la culture extensive. Le Rieselfeld est devenu entretemps réserve naturelle.



Figures 22 et 23 – Schéma de fonctionnement et bassins de pré-éparation du Rieselfeld



Figures 24 et 25 – Le Rieselfeld hier et aujourd'hui – une réserve naturelle



Légende :

Fossé d'irrigation  
 Fossé de drainage  
 Fossés abandonnés  
 Fossé de réserve en cas  
 de fortes pluies (ancien  
 conduit principal)  
 Saules  
 Vergers  
 Surfaces d'eau  
 Décharge biologique  
 Décanteur secondaire  
 Roseaux existants



Figures 26 et 27 – Mesures de compensation écologique (obligatoires en Baden-Württemberg à partir de 1992) effectuées dans le cadre de la réalisation du nouveau quartier de Rieselfeld.

Sur le territoire de la ville de Fribourg sont recensés quatre systèmes de rivières:

- Dreisam et affluents (Welchentalbach – Eschbach, Brugga – Intenbächle – Reichenbach),
- Bohrerbach (Günterstal), Hölderlebach, Haslacher Dorfbach, Dietenbach à Mühlenbach (Umkirch),
- Reichenbach (Au), St. Georgener Dorfbach, Mühlebach (Holzbach) à Neugraben (Gottenheim),

Landwassergraben,  
- Altbach, Glasbach (Zähringen) und Roßgäßlebach – Moosbach.

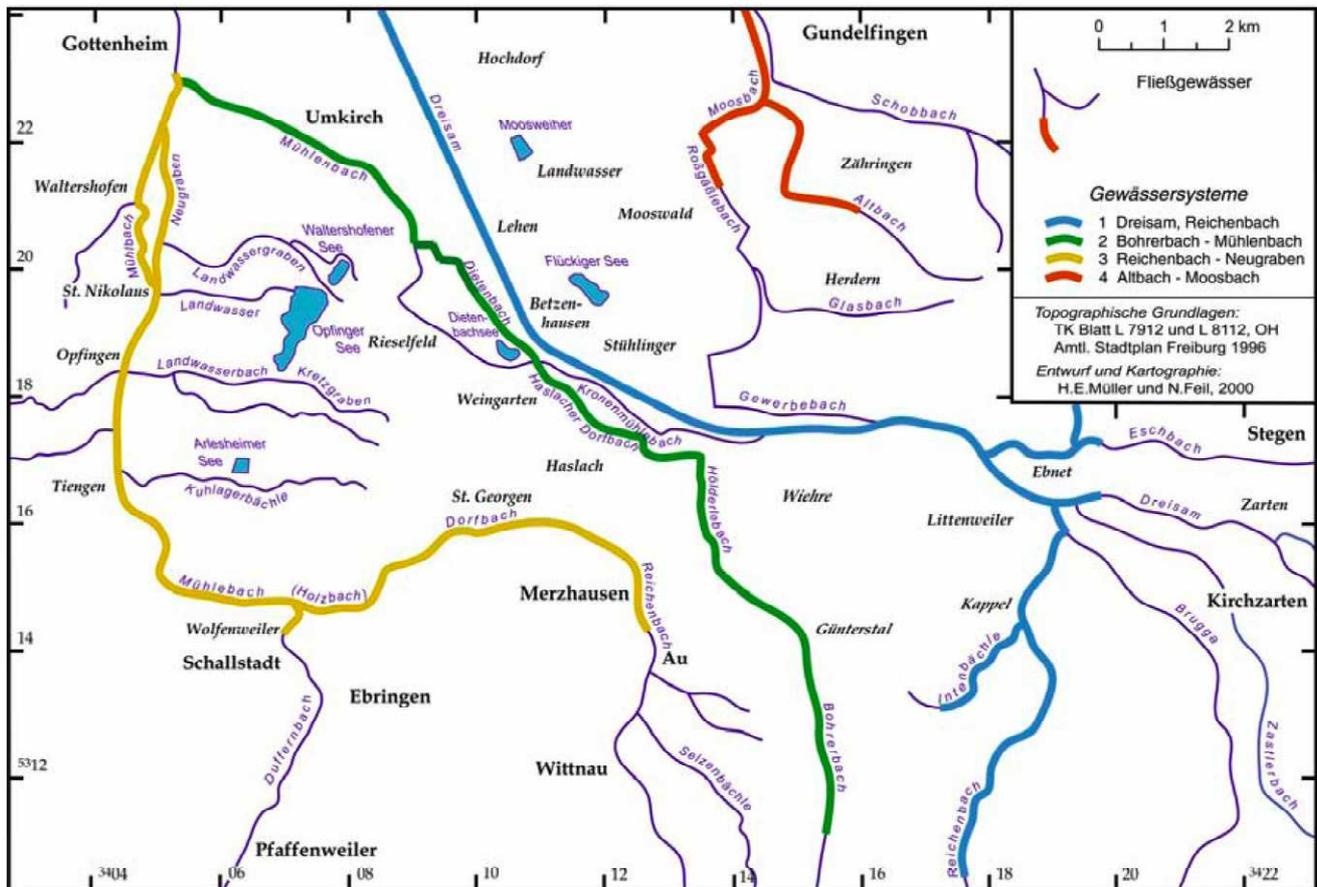


Figure 28 – les quatre systèmes de rivières.

Les cours d'eau provenant de la Forêt Noire (Welchenthalbach – Eschbach, Brugga – Intenbächle – Reichenbach, Bohrerbach, Glasbach, Altbach) montrent dès leur source une inclinaison forte et par conséquent une vitesse d'écoulement très rapide. En raison de l'absence de possibilité de percolation et de retenue, les fortes pluies provoquent une haute dynamique de fluidité et une évacuation rapide vers la Dreisam. En été, ces cours d'eau peuvent être totalement secs. Ceci est également vrai pour la Dreisam. Par contre, les cours d'eau de la „Vorbergzone“ (Schönberg à Tuniberg) sont alimentés par la nappe phréatique et ont une alimentation régulière. Les ruisseaux de la Forêt-Noire sont des cours d'eau pauvres en substances Alkali-non-carbonat, tandis que les ruisseaux de la plaine sont riches en Calcium-Hydrogènegcarbonate. La qualité des cours d'eau est moyenne jusqu'à bonne et correspond aux normes européennes.

#### La nappe phréatique :

Les grandes zones gravières de la Dreisam et de ses confluents du bassin „Zartener Becken“ et „Freiburger Bucht“ contiennent dans leurs pores des quantités importantes d'eau souterraine, utilisées pour usages divers dans la ville. Le courant de la nappe suit la Dreisam, renforcé par endroits par des infiltrations venant de la rivière. A partir du passage de la Dreisam dans l'embouchure du cône gravier, le courant de la nappe est orienté vers l'ouest et le Nord-Ouest.

Les roches cristallines du massif rocheux ne contiennent que peu d'eau souterraine, en raison de leur faible potentiel à garder l'eau; dans les petites vallées du massif, la percolation est néanmoins possible et contribue au renouvellement des nappes des vallées, consommée cependant sur place par la végétation. Dans la ville, la nappe remonte à la surface à beaucoup d'endroits.

Dans le cadre d'une étude réalisée sur le sol et la nappe phréatique, il fut constaté que la zone partant de la vallée de la Dreisam possède une haute transmissivité ( $T > 2 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ). A l'ouest de la ville, cette zone se sépare en deux langues, l'une suivant le cours de la Dreisam, l'autre allant vers la zone industrielle de Haid. (voir carte géologique plus haut). Une rapide diminution de la transmissivité est constatée vers le Lehener Berg et plus à l'ouest.

### Distance de la nappe :

Dans le cadre de l'étude, la position de la nappe fut également étudiée: les parties bleu foncé indiquent une profondeur de la nappe jusqu'à 15mètres, les parties plus claires montrent la nappe affleurant le sol.

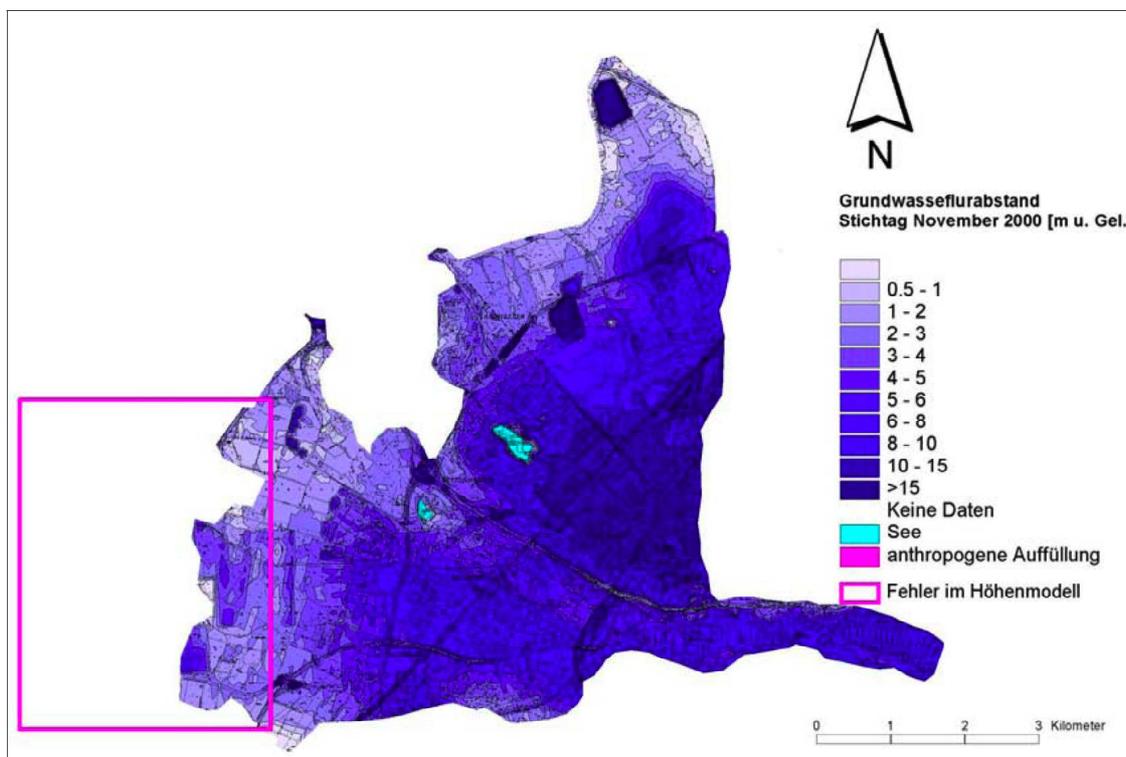


Figure 29 – Distance de la nappe phréatique par rapport à la surface en Novembre 2000 – niveau bas.

## II. Stratégies, plans, réglementations : mesures non-structurelles

### 1. Instruments de planification :

Les instruments de planification à disposition sont :

- code de l'urbanisme (BauGB 2005)

Le code de l'urbanisme fédéral, approuvé en Mai 2005, définit les instruments d'urbanisme et de gestion de l'environnement.

§ 2 – les plans d'urbanisme sont le plan d'occupation des sols (Flächennutzungsplan) et le plan de construction (Bebauungsplan).

§ 5 – les plans d'urbanisme garantissent un développement urbain durable, qui met en balance les exigences sociales, économiques et environnementales également en responsabilité pour les générations futures, ainsi qu'une utilisation du sol équilibrée socialement pour le bien de l'humanité. Ils doivent apporter leur contribution à la garantie d'un environnement humain, à la conservation et au développement des ressources naturelles, ainsi qu'en étant responsable pour la protection du climat, pour la conservation et le développement de l'aménagement urbain et de l'image du paysage et du construit.

§ 6 – Les aspects en particulier à respecter sont :

-.....

-7. Les aspects de l'environnement, comprenant la protection de la nature et du paysage, en particulier : les conséquences sur les animaux, plantes, sol, eau, air, climat, .... ; etc.

-12. Les exigences de la protection contre les inondations.

§1a. Règles de compensation, y compris création de systèmes d'infiltration pour eau de pluie

- Les plans d'assainissement

Chaque ville et commune établit dans le cadre de son plan de développement communal et dans le cadre de son plan d'occupation des sols un plan d'assainissement, pour lequel, en principe, le service public d'assainissement est responsable.

### 2. Instruments réglementaires :

Le Land de Bade-Württemberg a approuvé en 2005 la révision de la loi sur l'eau de 1999, complétant l'ordonnance de Mars 1999 sur l'écoulement décentralisé de l'eau de pluie.

L'ordonnance de Mars 1999 fixe les points suivants :

Sur base du §45b de la Loi sur l'eau de Baden-Württemberg du 1. Janvier 1999

§1 – Ecoulement décentralisé de l'eau de pluie

1. L'eau de pluie est écoulee de manière décentralisée, quand elle s'infiltré ou s'écoule localement dans un cours d'eau ouvert. Pour l'écoulement décentralisé d'eau de pluie dans un cours d'eau afin de supprimer sans dommage, une autorisation n'est pas nécessaire. Une autorisation n'est également pas nécessaire, quand l'écoulement décentralisé de l'eau de pluie est prévue dans les plans de construction ou dans les prescriptions d'urbanisme.

2. L'écoulement d'eau de pluie sans autorisation, qui provient d'une surface imperméabilisée ou construite supérieure à 1200 m<sup>2</sup>, doit être signalée au Service des Eaux, à moins que le Service des Eaux n'ait été informé dans d'autres circonstances. Le Service des Eaux doit notifier la demande. La construction ne peut être entamée endéans un mois à partir du moment de la demande.

§2 – Exigences à l'écoulement sans autorisation

1. L'eau de pluie peut être infiltrée sans autorisation ou écoulee dans un cours d'eau d'utilisation commune, quand elle provient des surfaces suivantes :

- toitures, à l'exception des toitures dans les parcs industriels ou parcs d'activités et autres,
- surfaces de parcelles imperméabilisées, à l'exception des surfaces utilisées pour les activités et industries,
- rues publiques, qui servent à l'accès de zones d'habitat, ainsi que les routes publiques en-dehors des agglomérations, à l'exception des voiries et parkings supérieurs à 2 bandes,
- chemins publics et pistes cyclables, partie tenante d'une voirie publique.

2. L'eau de pluie est écoulee sans dommage, quand elle percole en surface ou dans des cuvettes sur un minimum de 30cm de terre végétalisée dans la nappe phréatique. L'eau de pluie de surfaces selon 1. Nr.1. peut également être collectée dans des éléments cuvettes-rigoles et percoler. Avant tout écoulement dans un cours d'eau proche, toutes les possibilités de retenue de l'eau de pluie doivent être explorées.

3. Les installations pour l'écoulement décentralisé de l'eau de pluie doivent être réalisées selon les règles de la technique, doivent être entretenues et être en fonctionnement.

§3 – Ecoulement avec autorisation obligatoire

L'eau de pluie ne peut être écoulee décentralisée sans autorisation dans les Zones I et II des zones de protection et des zones de sources, ainsi que dans les zones contaminées. Il en est de même pour l'eau de pluie provenant des toits en cuivre, zink ou plomb.

### 3. Instruments économiques :

En 2001, 6 Compagnies des Eaux robustes et puissantes entre Lörrach et Offenburg s'allient et décident de fusionner en créant „badenova“, une nouvelle société régionale de distribution énergétique. Cette intention était voulue en tenant compte de la libéralisation du marché européen. La stratégie régionale et européenne était prépondérante. Badenova est actuellement une société financièrement saine. Le capital est réparti entre la société Thüga Energie AG (47,3%), la ville de Fribourg (32,8%), la ville d'Offenburg (7,1%), la ville de Lörrach (2,8%), la ville de Breisach (2,1%), la ville de Waldshut (1,6%) et la ville de Lahr (1,4%). Les autres 4,9% restants sont répartis entre d'autres plus petites communes. Comme toute société anonyme, badenova AG a un présidium, un conseil d'administration, dont le président est le maire de la ville de Fribourg, ainsi qu'un conseil des communes, où chaque maire représente sa commune. Badenova avait en 2005 un gain de l'ordre de 64 millions d'Eur

Badenova consiste en 175 réseaux locaux de gas et électricité, 15 réseaux d'eau potable, 29 réseaux thermiques, le réseau des 700 km de canalisation à Fribourg et 32 clients du secteur IT.

#### Gestion des taxes sur les eaux usées et de pluie

Badenova est mandatée par le Service des Eaux de la Ville de Fribourg pour récolter et gérer les taxes sur l'eau de pluie et les eaux usées. Les taxes sont établies selon le schéma suivant :

Chaque personne propriétaire d'un terrain est tenue de payer des taxes à Badenova pour son eau usée et son eau de pluie. La raison est simple : le réseau des 700 km de conduites souterraines n'est pas uniquement pour l'eau usée mais aussi pour l'eau de pluie. L'eau usée est menée vers la prochaine station d'épuration, l'eau de pluie vers le prochain ruisseau. Les coûts sont répartis sur la consommation d'eau et la quantité d'eau de pluie dérivée dans les canalisations. Ces quantités ne peuvent pas exactement être calculées ; la « taxe séparée sur l'eau usée » a ainsi été introduite. Elle utilise comme référence la surface imperméabilisée, de qui provient l'eau de pluie introduite dans la canalisation. A partir d'une surface imperméabilisée de 1000 m<sup>2</sup> et raccordée à la canalisation, la taxe est obligatoire. Les propriétaires de plus petites parcelles ont le choix entre la taxe mixte ou la taxe séparée.

Le système des taxes :

La taxe sur l'eau usée (2006) : 1,57 EUR/m<sup>3</sup>, calculée selon la consommation d'eau potable

La taxe séparée sur l'eau usée (2006) :

1,07 EUR/m<sup>3</sup>, taxe sur eau usée, calculée selon la consommation d'eau potable

5,51 EUR/10m<sup>2</sup>, surface imperméabilisée par an, pour l'évacuation de l'eau de pluie.

Dans le cas de la taxe sur eau usée, une facturation différenciée entre eau usée et eau de pluie est effectuée.

Quelques aides au calcul des taxes :

Les toitures et les surfaces imperméables ont un facteur d'imperméabilisation différent !

#### Toitures Facteur d'imperméabilisation

Toit standard (plat ou en pente)	1,0
Toit vert normal (> 8 cm)	0,5
Toit vert important (> 30 cm), par ex. garage souterrain	
Avec verdurisation intensive	0,0

#### Surfaces imperméables

Asphalte, béton, métal, verre	1,0
Dallage, pavés, etc	0,6
Gravier, dolomie, pavés verts	0,2

#### Calcul de la surface réduite : (exemple)

Surface	Imperméabilisation	canal	rivière	infiltration	facteur	surface réduite
Maison	toiture en tuiles	200m <sup>2</sup>			x 1,0	200 m <sup>2</sup>
Chemin	gravier	20 m <sup>2</sup>			x 0,2	4 m <sup>2</sup>

Jardin	gazon	150m2	0 m2
<b>Somme surface réduite</b>			<b>204 m2</b>

**Somme à payer par an : 204 m2 / 10 x 5,51 EUR = 112,40 EUR pour l'eau de pluie.**

#### **4. Instruments informationnels :**

Le Service des Eaux de la ville et badenova développent une stratégie de sensibilisation par l'intermédiaire de publications, expositions, site internet, articles dans les journaux, activités auprès des écoles, sponsoring de différentes équipes de sport.

#### **5. Modalités de prise en compte des critères de durabilité :**

Pour les projets à réaliser, un bilan écologique et économique est effectué.

### III. Techniques préventives mises en œuvre : mesures structurelles

#### 1. Mesures techniques de protection :

##### 1.1. Au niveau de la ville de Fribourg :

Toutes les mesures décrites sont opérationnelles. Les deux quartiers possèdent des systèmes mixtes séparés (voir illustration)

Le Service Public de la Ville gère le système de l'égouttage et de l'écoulement des eaux usées et de pluie, à travers un réseau d'une longueur de 700 km. Plus de détails sont donnés dans le chapitre « instruments économiques ».

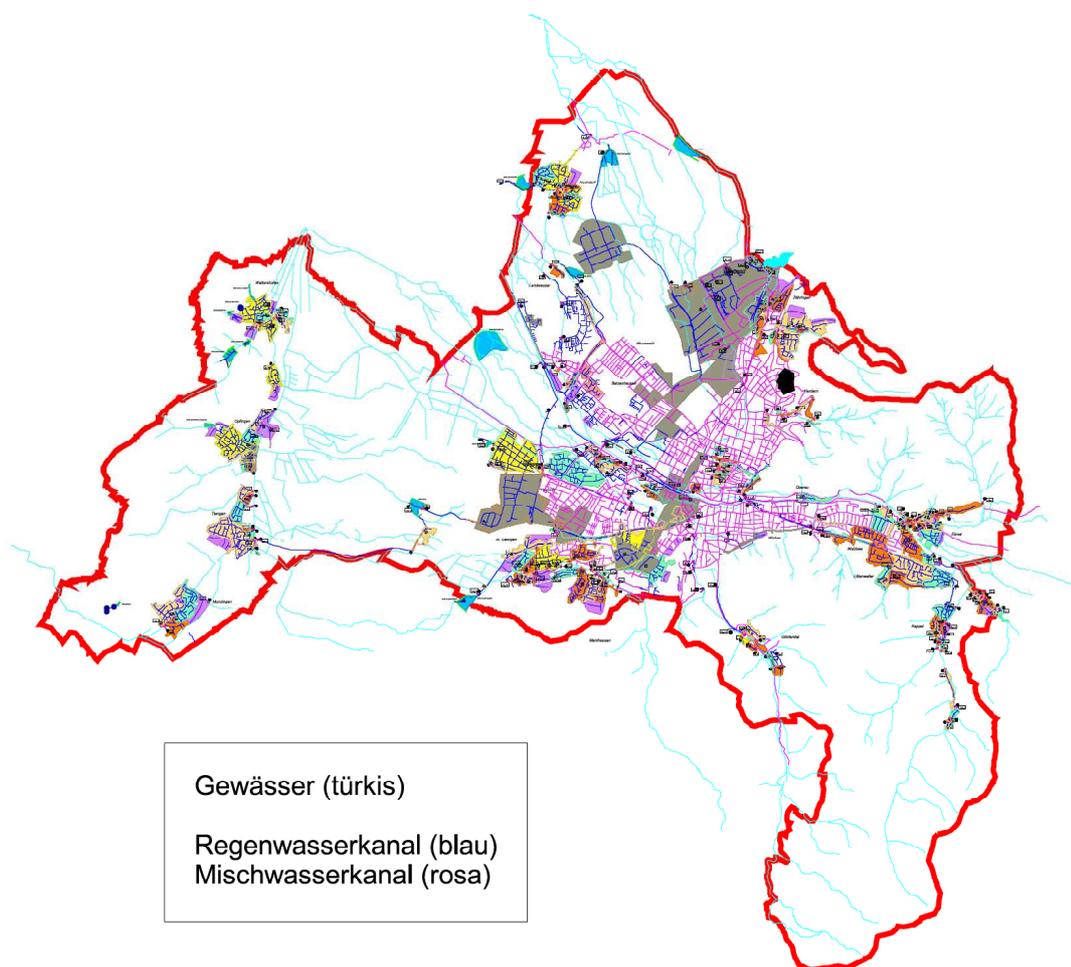


Figure 30 – Plan général des cours d'eau et des canalisations de la Ville de Fribourg.

Légende :

Couleur turquoise : cours d'eau

Couleur bleue : canalisation eau de pluie

Couleur rose : canalisation unitaire (mixte)

## 1.2. Quartier Vauban :

Le Quartier Vauban est subdivisé en différentes parties: la partie autour de l'axe central, l'allée Vauban, fontionne avec deux systèmes, un collecteur d'eau pluviale et un collecteur d'eau usée.



Figure 31 – organisation générale du quartier Vauban.

### Différentes étapes utilisées pour Vauban :

#### 1. Utilisation des toits verts :

Les toitures vertes sont utilisées systématiquement afin de retenir l'eau de pluie le plus longtemps possible sur le toit. Différentes solutions de toitures vertes sont utilisées.

**Der Systemaufbau „Steinrosenflur“ für unterschiedliche Dachsituationen:** ↗ Ausschreibungstexte unter www.zinco.de

**für 0°-Dächer mit Floratoc FS 50 / FS 75**

**Pflanzebene „Steinrosenflur“**  
Systeme „Steinrosenflur“  
Abzurichtung „Faltnat“  
Systemflur SF  
Floratoc FS 50 oder FS 75  
Trenn- u. Schutzmatte TSM 12  
Dachaufbau mit wurzelfester Abdichtung

Aufbauhöhe: ca. 12 bzw. 15 cm  
Gewicht, wassergesättigt: ca. 195 kg/m²  
Wasserspeicherolumen: ca. 33 l/m²  
Abflusskennzahl C: ca. 0,34

**ale wärmedämmende Dachbegrünung / DUO-Dach mit Floratherm® WD**

**Pflanzebene „Steinrosenflur“**  
Systeme „Steinrosenflur“  
Abzurichtung „Faltnat“  
Systemflur SF  
Floratherm® WD-Klemlatt  
entfernt wärmedämmende Betart  
Speicherschutzmatte GSM 40  
Dachaufbau mit Grund-  
Wärmedämmung und  
Dachabdichtung

Wählt man als Drainageteile baueigentlich zugelassene Floratherm®-Elemente als Unterbau, kann dieser Dachbegrünungsaufbau die Funktion einer zusätzlichen Wärmedämmung übernehmen.  
Dies spart Kosten für Heizung und Kühlung und hilft, z.B. im Zuge einer Dachsanierung, die Vorgaben der Energieeinsparverordnung zu erfüllen.  
Floratherm®-Elemente sind in 6,5 bzw. 12 cm Höhe mit unterschiedlichen Dämmwerten lieferbar, so dass nahezu jede Anforderung erfüllt werden kann.  
Ausführliche Informationen zum Thema „Wärmedämmende Dachbegrünung“ entnehmen Sie der ZinCo-Planungshilfe „Flachdachsanierung“.

Aufbauhöhe: ca. 12 bzw. 18 cm  
Gewicht, wassergesättigt: ca. 198 kg/m²  
Wasserspeicherolumen: ca. 35 l/m²  
Abflusskennzahl C: ca. 0,34

**für Umkehrdächer mit Floradrain® FD 25**

**Pflanzebene „Steinrosenflur“**  
Systeme „Steinrosenflur“  
Abzurichtung „Faltnat“  
Systemflur SF  
Floradrain® FD 25  
Trenn- und Schutzmatte TOV 21  
Wärmedämmung aus XPS  
Wurzelschutzfolie (bei Bedarf)  
Tropfschale mit Abdichtung

Aufbauhöhe: ca. 11 cm  
Gewicht, wassergesättigt: ca. 175 kg/m²  
Wasserspeicherolumen: ca. 35 l/m²  
Abflusskennzahl C: ca. 0,34

**Systemaufbau „Steinrosenflur“ mit Abflusskennzahl C ≤ 0,3**

**Pflanzebene „Steinrosenflur“**  
Systeme „Steinrosenflur“  
Abzurichtung „Faltnat“  
Systemflur SF  
Drainageteiler + Schutzmatte gemäß Dachabdichtung  
Dachaufbau mit wurzelfester Abdichtung

Der Systemaufbau „Steinrosenflur“ richtet sich mit einem mehr als halbierten Abflusskoeffizienten < 0,3. Die Pflanzen der Vegetationsformen Steinrosenflur, Kräutlerflur, Gräserflur und Blütenwiese können das Maßangebot an Wasser vorverorten. Die Wahl des richtigen, an die Dachsituation angepassten Systemaufbaus ist entscheidend für die dauerhafte Funktion des Geländes. Feinrichtbauweisen bringen zwar mangelnde Drainageleistung herbei bei geringeren Aufbauhöhen niedrigeren Abflusskoeffizienten - sind jedoch vegetationsfachlich kritisch zu sehen!

Aufbauhöhe: ca. 11 cm  
Gewicht, wassergesättigt: ca. 190 kg/m²  
Wasserspeicherolumen: ca. 42 l/m²  
Abflusskennzahl C: ca. 0,28

Figure 32 – Système des toitures terrasses.

#### 2. Récupération de l'eau dans les citernes et pour usage domestique :

L'utilisation de l'eau de pluie pour usage domestique est réglée par la DIN 1989-1 d'avril 1992. Les installations pour utilisation d'eau de pluie sont décrites et les instructions sont à respecter. Des règles techniques sont énoncées également dans la « Arbeitsblatt W 555 de mars 2002 », éditée par la DVGW, l'association allemande pour le gaz et l'eau, Bonn.

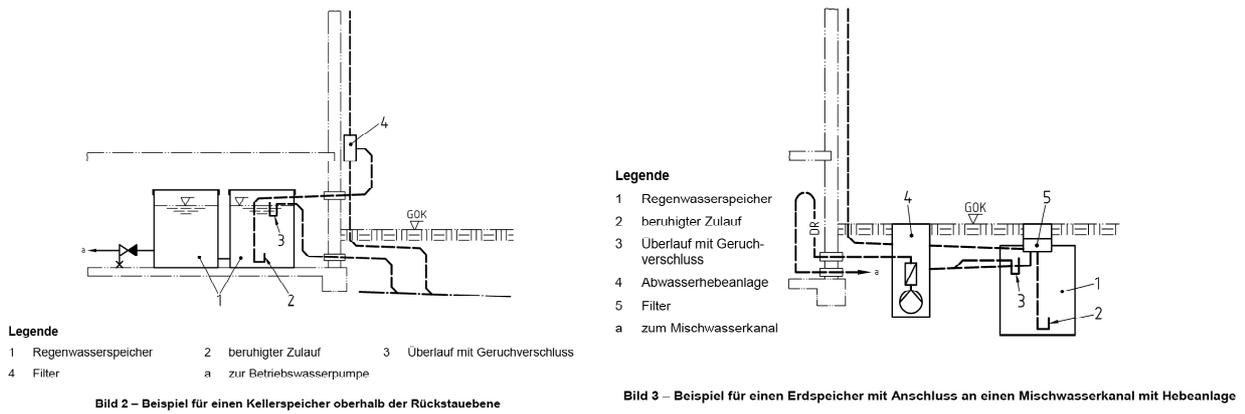


Figure 33 – exemple d'installation de récupération d'eau de pluie pour un usage domestique.

3. Ecoulement de l'eau de pluie sur la parcelle et sur la rue – récolte dans les caniveaux :



Figure 34 – Plan de détail d'urbanisme montrant les canalisations et les parcelles.

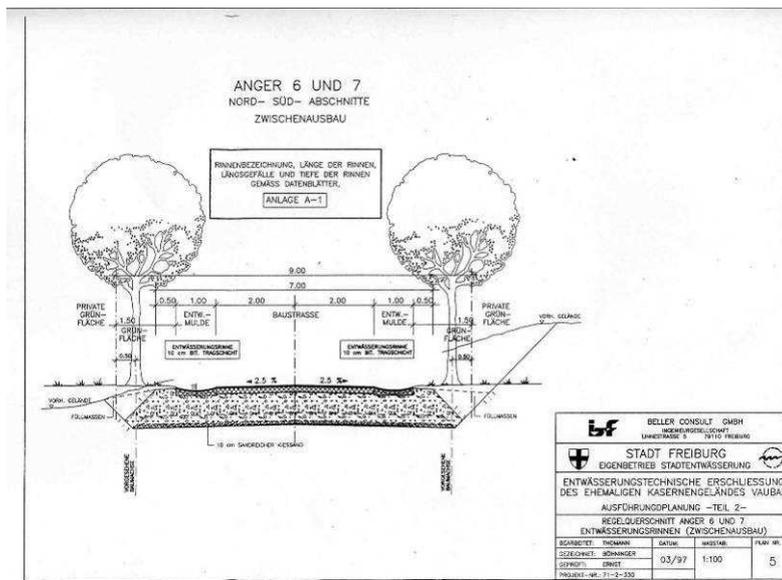


Figure 35 – Coupe de la rue latérale avec caniveaux d'eau de pluie.

4. Ecoulement du caniveau vers les cuvettes / fossés et trop-pleins :

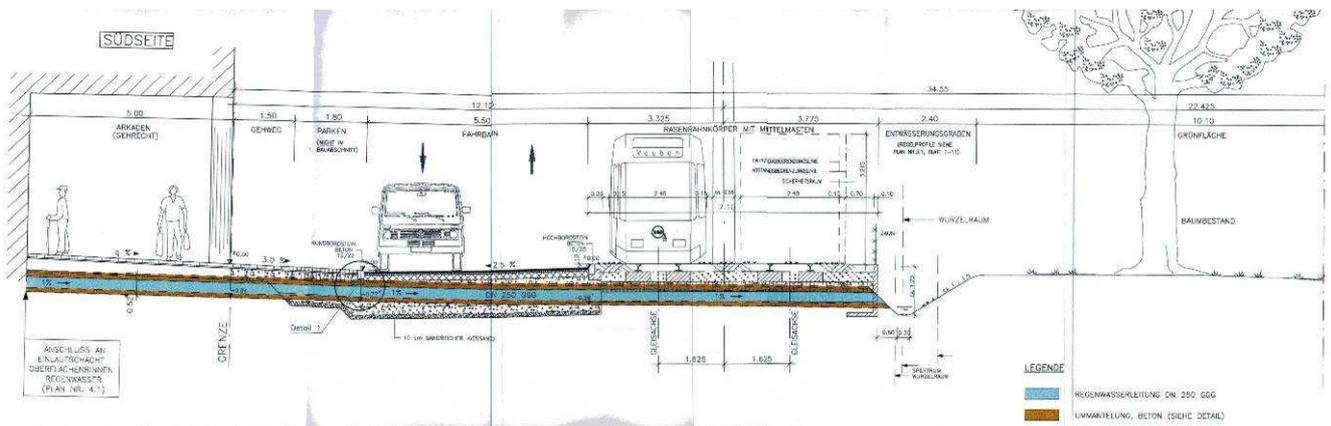


Figure 36 – Coupe transversale: évacuation de l'eau de pluie sous l'Allée Vauban et le tramway.

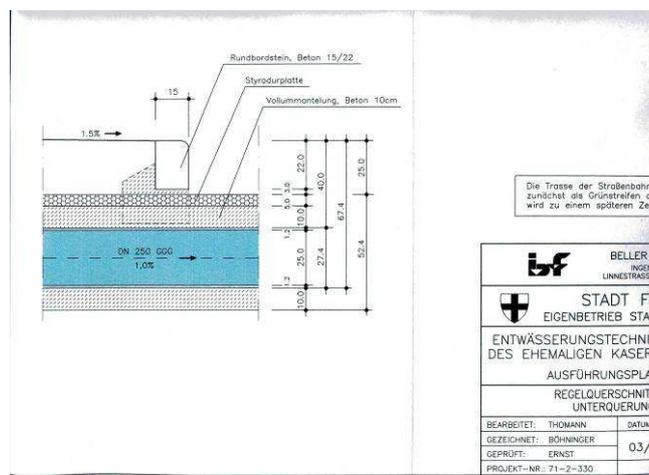


Figure 37 – Détail du croisement Route – Bordure et canalisation eau de pluie sous le revêtement.

## 5. Ecoulement des cuvettes fossés dans le ruisseau :

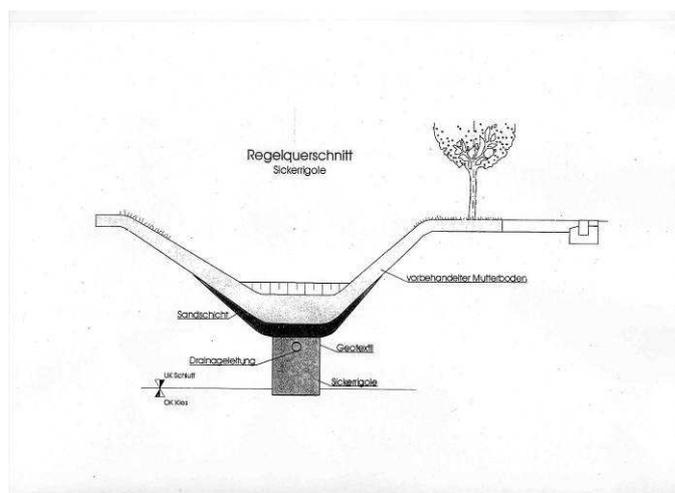


Figure 38 – Coupe de référence pour les fossés-cuvettes avec infiltration.

## 1.3. Quartier Rieselfeld :



Figure 39 – Système général de gestion des eaux.

### 1. Percolation en surface des eaux de toiture :

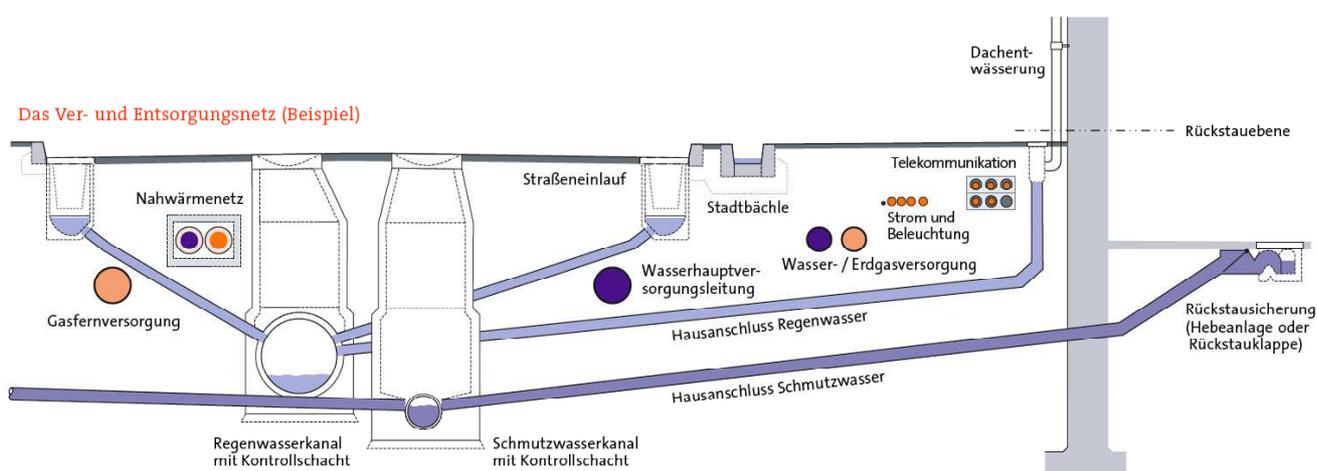
Deux entités sont dédiées à la percolation directe en surface : la partie nord, avec l'école et le centre sportif, et la partie sud, essentiellement de l'habitat. Ces deux parties sont directement reliées à un espace vert public, contenant l'infrastructure d'écoulement et d'infiltration.



Figure 40 – espace public de la partie sud, avec fossé sec pour la récolte et l'infiltration des eaux de pluie.

## 2. Récolte des eaux de pluie par canalisation eau de pluie :

L'ensemble du quartier est raccordé à la canalisation « Eau de pluie ». Les constructions ont une descente d'eau de pluie raccordée au collecteur central. Chaque maison a ses propres raccords « Eau de pluie » et « Eau usée ».



### Légende :

Gasfernversorgung : Conduite de gaz longue distance

Nahwärmenetz : Réseau de chaleur à petite distance

Regenwasserkanal mit Kontrollschacht : Canalisation Eau de pluie avec puits de visite

Schmutzwasserkanal mit Kontrollschacht : Canalisation Eau usée avec puits de visite

Straßeneinlauf : avaloir

Stadtbüchle : rigole / caniveau

Wasserhauptversorgungsleitung : Conduite eau principale

Hausanschluss Regenwasser : Raccord domestique Eau de pluie

Hausanschluss Schmutzwasser : Raccord domestique Eau usée

Figure 41 – coupe type de Rieselfeld.



Figure 42 – raccord domestique.

### 3. Ouvrage de filtrage par le sol (Bassin d'infiltration) (« Bodenfilteranlage ») :

Pour Rieselfeld, une solution « ouvrage en béton » était prévue, mais le service des eaux de la ville se décida pour la solution du bassin d'infiltration filtrant écologique, car il s'intégrait particulièrement bien dans le Rieselfeld. Toute l'eau de ruissellement du quartier alimente donc le filtre. Ce bassin a une surface de 3500 m<sup>2</sup> et 2300 m<sup>3</sup> de capacité. En 1996, ce système d'infiltration était pionnier en Allemagne. La construction de ce bassin, avec un coût de 1 million d'euro, était seulement possible grâce à la place disponible au sud du quartier.

L'eau de pluie arrive d'abord dans un bassin de décantation (**Absetzbecken**), dans lequel le plus gros des boues et des souillures se répartit au fond. Ensuite, l'eau coule dans un second bassin, consistant en une couche de terre de 15 cm et, dessous, une couche de sable filtrant de 80 cm, par lesquelles l'eau s'infiltré et se nettoie. Sous cette couche de sable, des tuyaux de drainage placés dans du gravier collectent l'eau infiltrée et la mènent vers les champs d'infiltrations. La couche supérieure de terre du bassin est plantée avec des roseaux, dont leurs racines assurent un sol apte à l'infiltration. Les plantes qui meurent assurent l'équilibre biologique en attirant de petits animaux et insectes, qui à leur tour, nettoient le sable filtrant.

A côté du bassin filtrant, un bassin d'eau de pluie a été construit, pour assurer une capacité suffisante et en tant que mesure compensatoire écologique.

L'économie des coûts réside dans la distribution directe de l'eau de pluie dans les champs du Rieselfeld. A la place de construire une canalisation en béton importante menant au bassin d'orage de Dietenbach au nord du Mundenhof, l'eau purifiée s'écoule dans deux zones provenant de l'ancien Rieselfeld consistant chacun en 5 parcelles successives (en cascade) appelées polders. Ces parcelles sont reliées entre elles par un ouvrage en béton faisant fonction de trop-plein. Avec une surface totale de 7,5 hectares, qui peuvent contenir jusqu'à 26.000 m<sup>3</sup> d'eau, même les plus grandes inondations peuvent être maîtrisées (l'office météo prévoit une quantité de 350 litres par seconde à l'hectare).

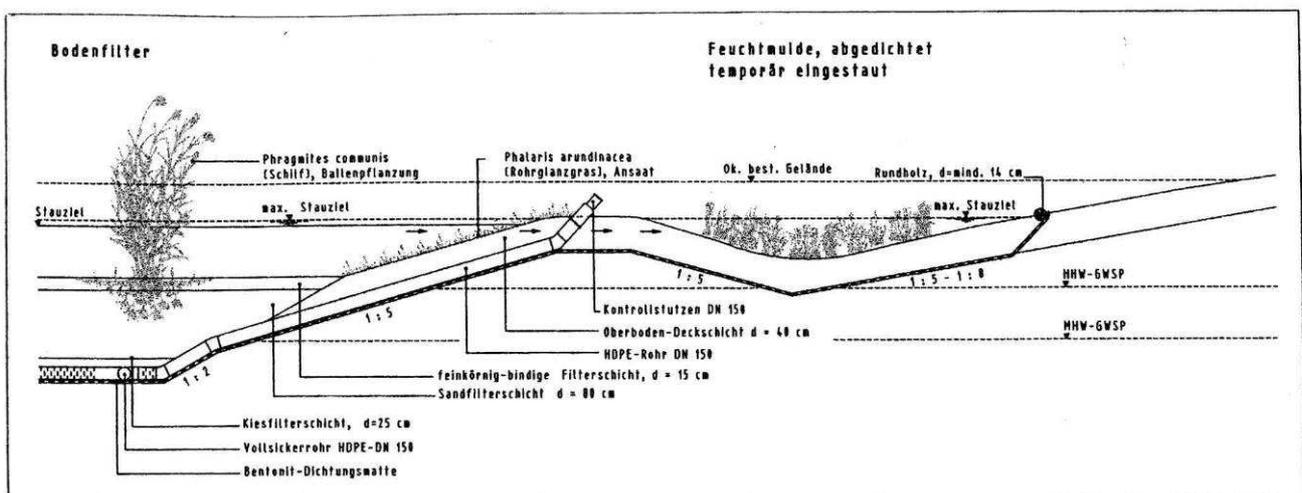
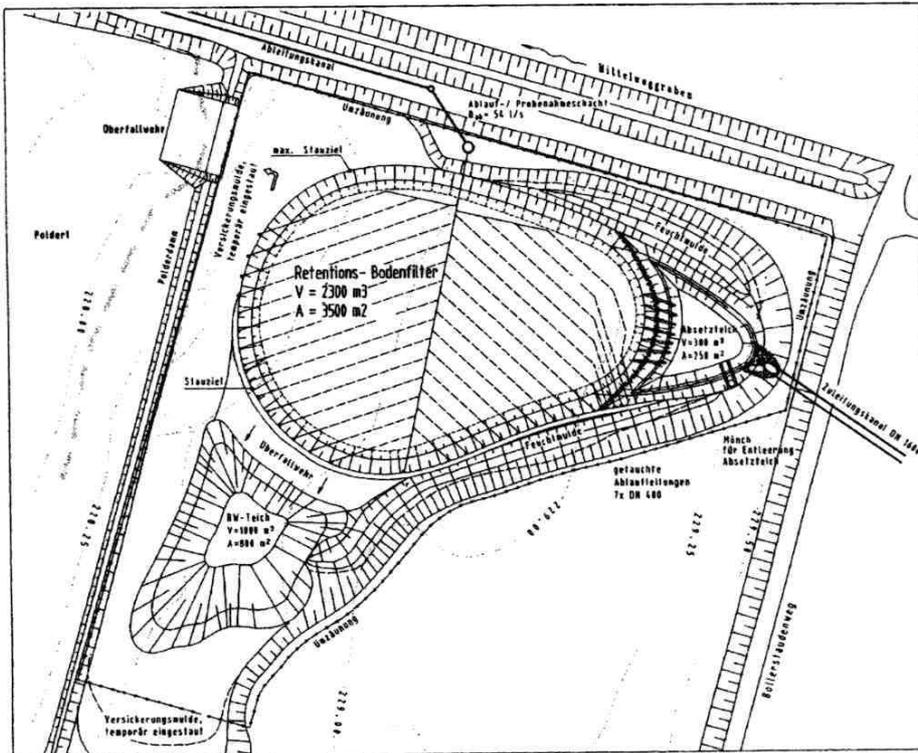


Abb. 5: Regelquerschnitt Retentions-Bodenfilter



Ableitungskanal : canal d'écoulement (eau de pluie)

Retentions-Bodenfilter : filtre de rétention (bassin d'infiltration)

Absatzbecken : 2. Bassin de décantation

Zuleitungskanal : canalisation vers les polders

RW-Teich : Etang eau de pluie

**Abb. 6: Grundriß Retentions-Bodenfilter**

Figures 43 et 44 – Plan et coupe de détail du bassin d'infiltration de Rieselfeld.

## 2. Infrastructures collectives centralisées :

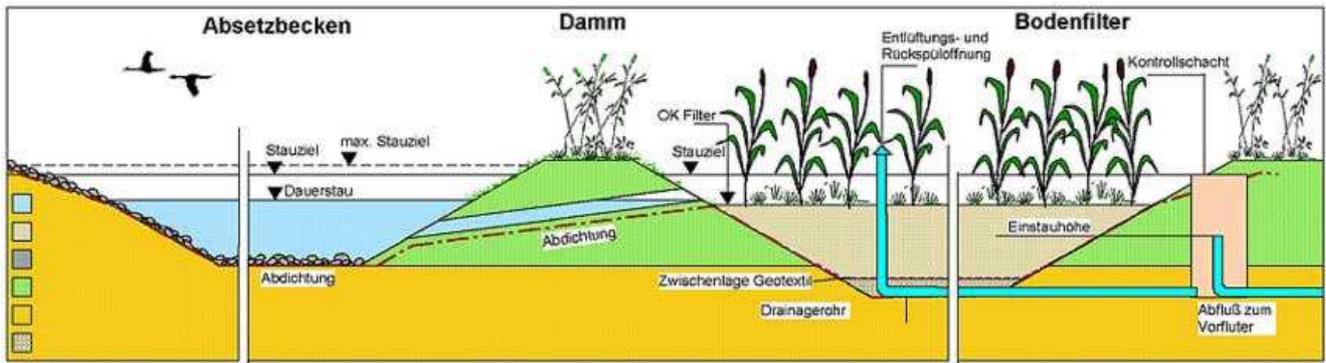
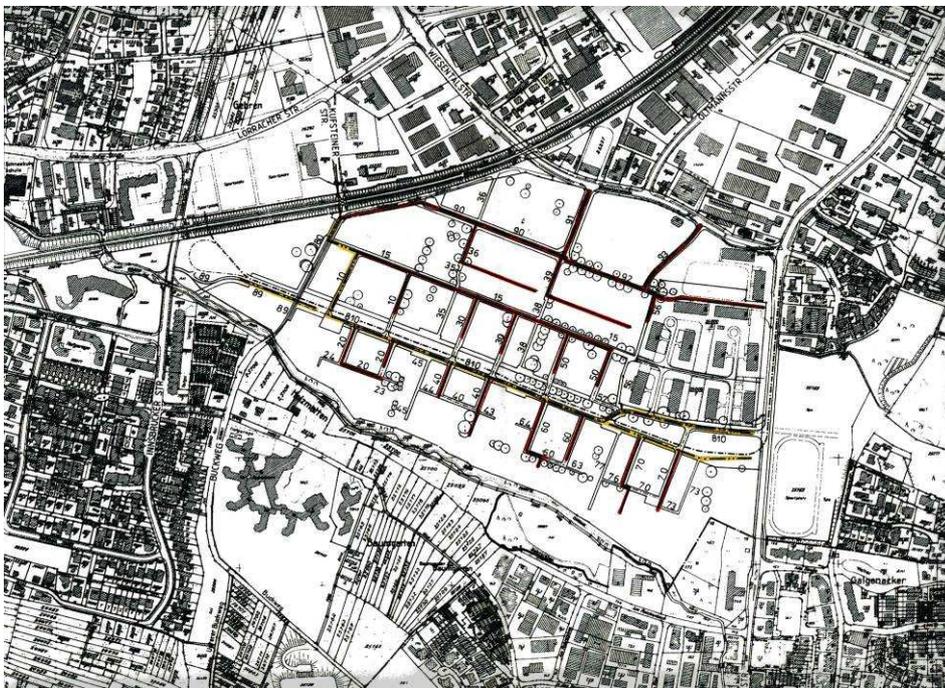


Figure 45 – Coupe-type dans ouvrage filtrant (bassin d'infiltration)

### 2.1. Quartier Vauban :



Système de canalisations

Jaune : système mixte modifié

Noir : Système mixte

Rouge : Eau usées

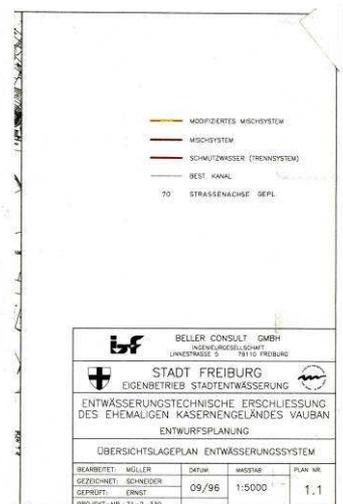


Figure 46 – Plan des systèmes d'écoulement d'eaux usées et de pluie du quartier Vauban.

### 3. Infrastructures collectives dispersées :

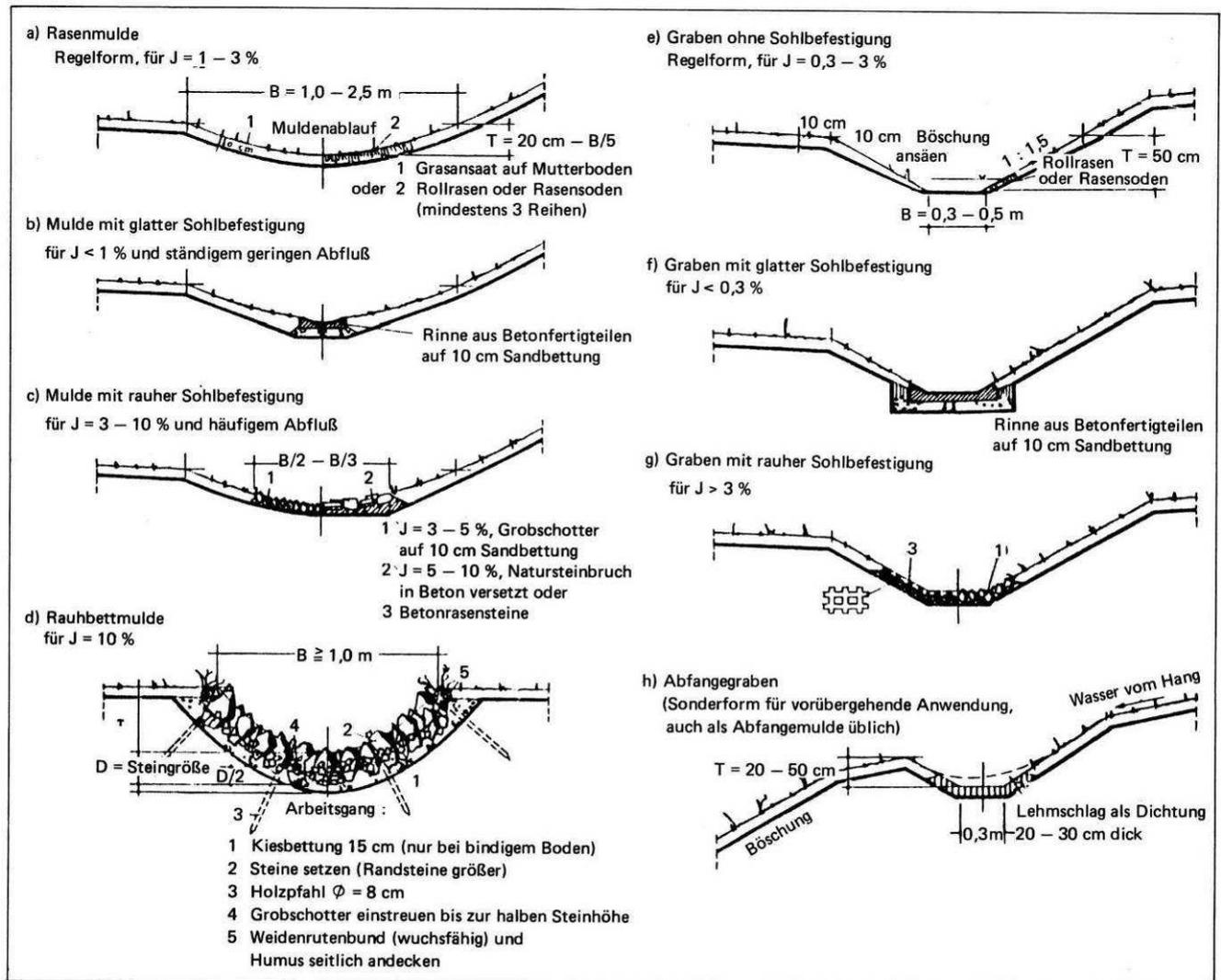


Figure 47 – Différentes techniques de collecte des eaux de pluie avec infiltration dans la nappe.

Pour le quartier Vauban : rigoles des espaces publics, canalisations en-dessous de la rue.  
Pour le quartier Rieselfeld : système de récolte souterrain.

### 4. Infrastructures individuelles (diffuses) :

Pour le quartier Vauban : toitures vertes, percolation sur la parcelle  
Pour le quartier Rieselfeld : toitures vertes

## 5. Effets attendus :

Bilan écologique du nouveau quartier de Rieselfeld

Dans une étude de bilan écologique réalisée par la ville de Fribourg en 2000 sur le quartier de Rieselfeld, les résultats de l'évaluation et de la planification urbanistique furent évalués et mis en balance conformément à la règle des compensations écologiques du §1a BauGB loi sur l'urbanisme et du §8a NBatSchG loi sur la conservation de la nature. Les prévisions chiffrées établies en 1995 pendant la phase de projet furent donc contrôlées et évaluées 5 ans plus tard.

Le projet de 1995 donnait les prévisions de surface suivantes :

Tabelle 1

<b>Prognose der vom Eingriff betroffenen Flächen</b>							
Flächenermittlung auf Grundlage des städtebaulichen Entwurfes und Abgrenzung der Teil-Bebauungspläne (alle Angaben in ha)							
Teilbebauungsplan		I	II	III	IV	V	••
1	Gesamtfläche der Teilbebauungspläne	32,60	21,20	22,00	15,30	218,00	309,10
2	Eingriff durch Bodenumlagerung	28,00	17,00	22,00	13,00	9,80	88,80
3	Hoher Versiegelungsgrad, Abgrabung der schützenden Deckschichten, Verminderung der Grundwasserneubildung, erhöhter Oberflächenabfluß, erhöhte Abstrahlung und Aufheizung	24,70	16,70	20,10	9,50	-	70,20
4	Beeinträchtigung von Oberflächengewässern	1,90	0,80	1,50	0,30	0,40	4,90
5	Behinderung von Luftströmungen	nicht räumlich abgrenzbar					
6	Beseitigung des Offenlandlebensraumes für Flora und Fauna	25,00	14,00	22,00	12,83	9,80	83,13
7	Verminderung der Großräumigkeit und anhaltende Störungen für Flora und Fauna	im gesamten ehemaligen Offenlandbereich					
8	Beseitigung von Wald	3,00	3,00	-	0,17	-	5,67
9	Störungen für Waldlebensräume	nicht räumlich abgrenzbar					
10	Baubedingte Störungen	nicht räumlich abgrenzbar					
11	Verlust des wohnungsnahen Erholungsraumes (v.a. für Weingarten)	30,00	21,20	22,00	15,30	-	85,30
12	Verstärkung des Nutzungsdrucks auf verbleibende Freiflächen und Beeinträchtigung des großräumigen Landschaftsbildes	nicht räumlich abgrenzbar					

Estimation des surfaces touchées par l'intervention - Calcul des surfaces sur base du projet en hectares

Plans de détail

1. Surface totale

2. Intervention par transfert de sol

3. Haute imperméabilisation, suppression des surfaces protectrices, réduction de renouvellement de nappe, augmentation du ruissellement, augmentation de réflexion solaire

4. Influence négative de cours d'eau

5. Obstruction des écoulements d'air

6. Suppression de l'espace-vie pour flore et faune

7. Réduction de l'espace ouvert et influence négative sur flore et faune

8. Suppression de forêt

9. Perturbation des espaces-vie forêts

10. Perturbation due au chantier

11. Perte de l'espace récréatif

12. Augmentation de la pression d'usage sur les espaces verts restes et perturbation de l'image paysage

Figure 48 – Taux d'imperméabilisation dans les plans de détail et sur l'ensemble du Rieselfeld (après réalisation, 2000)

Tabelle 3

<b>Versiegelungsgrad in den Teilbebauungsplänen und im gesamten Stadtteil</b> (Angaben in m <sup>2</sup> )					
Teilbebauungspläne	I	II	III	IV	Stadtteil I gesamt
Gesamtfläche	32600 0	21200 0	222500	14600 0	906500
<i>Prognose "hoher Versiegelungsgrad" (übernommen aus Tab. 1 Zeile 3)</i>	24700 0	16700 0	201000	95000	702000
Versiegelte Flächen	14370 1	12740 8	100042	53890	425041
davon:					
Verkehrsrflächen	56248	45129	33673	22010	152033
Gebäude	63105	64846	38271	21608	187830
Begrünter Gleiskörper	4895	-	3220	-	8115
Begrünte Tiefgaragen	19453	17433	24878	10272	72036
<b>Die prognostizierten Flächen mit "hohem Versiegelungsgrad" sind tatsächlich versiegelt zu:</b>	<b>58,2%</b>	<b>80,1%</b>	<b>49,8%</b>	<b>56,7%</b>	<b>60,1%</b>
Unversiegelte Flächen	18229 9	62592	119958	11356 8	478417
davon:					
Straßengrün, Plätze, Baumscheiben	24577	5763	9173	5372	44885
Privates und öffentliches Grün	15772 2	56829	110785	86770	412106
<b>Gesamtversiegelungsgrad</b>	<b>44,1%</b>	<b>60,1%</b>	<b>45,0%</b>	<b>36,9%</b>	<b>46,9%</b>

Plans de détail total

Surface totale

Estimation « haute imperméabilisation »

Surfaces réellement imperméabilisées

Dont

Surfaces circulation

Bâtiments

Tracé rail engazonné

Parkings souterrains verdurisés

Les surfaces estimées sont réellement

imperméabilisées à :

Surfaces perméables

Dont verdure, places, arbres

Espace vert privé et public

Taux d'imperméabilisation

Figure 49 – Taux d'imperméabilisation sur l'ensemble (en m2)

Conclusion du travail : les estimations de 1995 concernant l'imperméabilisation des sols était réaliste. Le taux d'imperméabilisation de 47% est satisfaisant.

## IV. Modalités de financement et structure de coûts :

	Coûts Canalisation Eau Usée	Net incl. Plan	Choix	Unité	Calcul
S1	Canal eau usée simple avec avaloir	6,50	6,50	EUR/m2	264 EUR/mcourant
S2	Canal eau usée modifiée avec avaloir	8,52	8,50	EUR/m2	
S3	Canal eau usée compliquée habitat dense	10,12	10,20	EUR/m2	340 EUR/mcourant
	<b>Coûts Dérivations Eau Pluie</b>				
S	Cuvettes pavées pour route	2,87	2,90	EUR/m2	110 EUR/m2
SN	Cuvettes stabilisées pour route ou surfaces secondaires	3,58	3,60	EUR/m2	
R	Prix moyen pour canal eau pluie (DN300 – DN500)	6,88	6,90	EUR/m2	
	<b>Coûts traitement eau de pluie</b>				
M	Prix moyen pour cuvette Avec cuvette, rigole, trop-plein simple	6,06	6,10	EUR/m2	
MR	Prix moyen pour système de rigole-cuvette Avec cuvette, rigole, construction trop-plein, raccords	8,11	8,10	EUR/m2	
R	Prix moyen pour système de rigole-cuvette et cuvettes de retenue, avec cuvettes et trop-plein	9,31	9,30	EUR/m2	
RR	Prix moyen pour retenue de l'eau de pluie Canal de barrage ou bassin de barrage avec restricteur d'écoulement	0,96	1,00	EUR/m2	

Figure 50 – Calcul des coûts.

### Coûts d'entretien des cuvettes filtrantes engazonnées du Quartier Vauban :

Nettoyage / Entretien 2 x /an

Détail d'une colonne d'entretien :

1 Camion	4,20	EUR/h
3 homme/machine	38,00	EUR/h
1 responsable	52,00	EUR/h

total 170,20 EUR/h

par jour : 1.360,00 EUR

surface totale de Vauban en 2 semaines : 13.600,00 EUR x 2

Coût total entretien par an : 27.200 EUR

### Coûts de réalisation de Rieselfeld :

Filtre sol avec canal de décharge sans étang pluie : 950.000 DM = 500.105,00 EUR

Coût du volume de retenue du filtre : 220 EUR/m3, soit 145 EUR/m2 pour surface du filtre

Coût de l'étang d'eau de pluie : 50.000 EUR

Coût du nouveau fossé et des digues de polder : 125.000 EUR

## ANNEXE I :

### I. Les réservoirs de stockage : bassins de retenue : bassins à sec :

#### 1. Principes de fonctionnement et avantages :

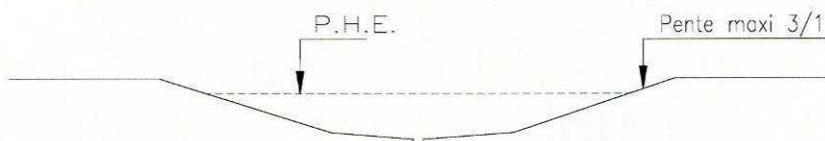
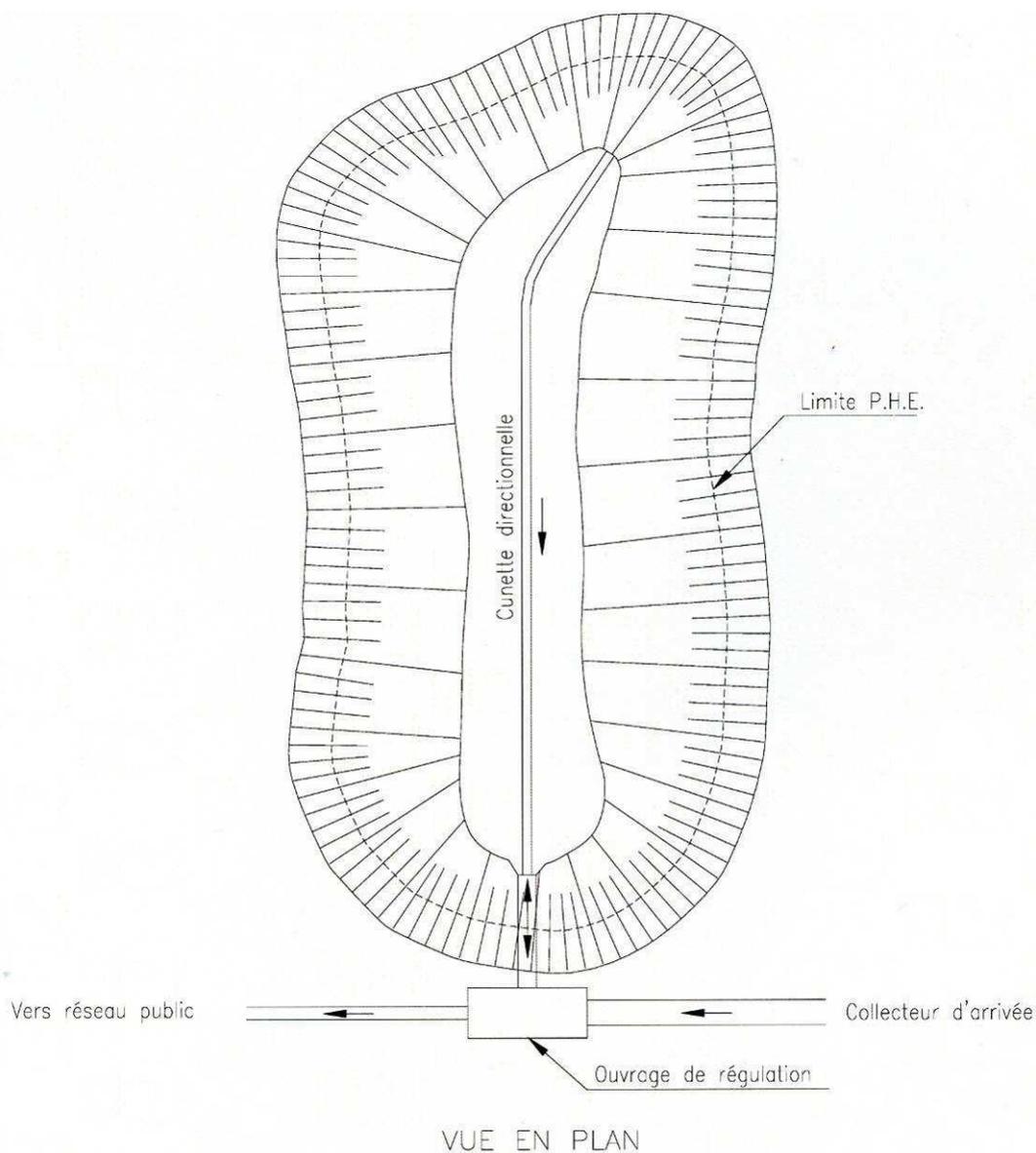


Figure 51 – vue en plan bassin à sec (source : Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation », 3 annexes, 91 pages + 32 pages)

Les bassins à sec sont des ouvrages conçus de manière à stocker l'eau au-dessus d'un niveau donné (radier ou niveau des plus basses eaux) et la restituer en totalité. Constitués soit d'espaces verts, soit de surfaces revêtues inondables, ils nécessitent l'immobilisation d'emprises foncières importantes. On distingue<sup>83</sup> :

- Les bassins à sec engazonnés : Le fond est habituellement constitué d'une prairie ayant une faible pente et son sol est drainé. Les berges ont une pente compatible avec une bonne stabilité et sont constituées de terres engazonnées, éventuellement renforcées par des matériaux stabilisants tels que : géotextile ou dalles béton-gazon. Des aires de jeux ou terrains de sport peuvent éventuellement être aménagés dans le fond avec une utilisation conditionnelle. Ce type de bassin suppose un entretien fréquent et régulier et les produits de tonte doivent impérativement être évacués.
- Les bassins à sec revêtus : Le fond et les berges de ces bassins peuvent être revêtus d'une structure étanche (béton, enrobé, géomembrane) afin d'éviter les charges induites par l'entretien de la végétation. De tels ouvrages sont souvent inesthétiques et s'intègrent difficilement dans l'environnement. Ils nécessitent un très bon réglage du niveau du fond du bassin pour éviter toute stagnation et un entretien régulier.

Les différents bassins de retenue, dont font partie les bassins secs, sont mis en communication avec le réseau pluvial par un ouvrage commun de remplissage et de vidange situé au point bas du bassin. Ceci évite que les faibles débits ne transitent par le bassin, son remplissage s'effectuant par surverse. Selon l'origine des effluents stockés et la nature du milieu récepteur, la nécessité d'un dispositif de protection contre les hydrocarbures sera examinée.

#### Principaux inconvénients<sup>84</sup> :

- les éventuelles nuisances dues à la stagnation de l'eau
- la consommation d'espace
- la pollution de la nappe pour les bassins d'infiltration.

<sup>83</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

<sup>84</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.



En fonction de ces multiples critères, on choisira entre un bassin en eau ou un bassin sec, un bassin de retenue ou d'infiltration, un bassin accompagné d'un ouvrage de prétraitement ou non, un seul bassin ou plusieurs bassins en parallèle ou en série. On choisira par exemple :

- un bassin en eau si le sol est imperméable, la nappe pas vulnérable et l'évaporation peu importante
  - un bassin revêtu si les eaux de ruissellement sont fortement polluées, à proximité d'une autoroute par exemple
  - un bassin en eau si l'on souhaite agrémenter une zone urbanisée avec un plan d'eau
  - un bassin sec avec installation de traitement des eaux à l'amont si ces eaux ont ruisselé sur des surfaces industrielles, commerciales ou de parkings
  - un bassin sec aménagé en zone de loisirs pour enfants, si le bassin n'est pas sollicité trop souvent (pour des raisons d'hygiène).
- Ces techniques sont-elles adaptées à un usage contraignant en surface en tissu urbain dense ?

Au centre ville, la fréquentation et l'occupation du sol sont des contraintes fortes. Certains aménagements sont possibles avec des bassins secs, couplés à des structures-réservoirs. La place ci-dessous est pourvue d'un stockage enterré avec une faible hauteur d'eau pour les événements courants et n'est inondée que lors des pluies exceptionnelles.<sup>85</sup>

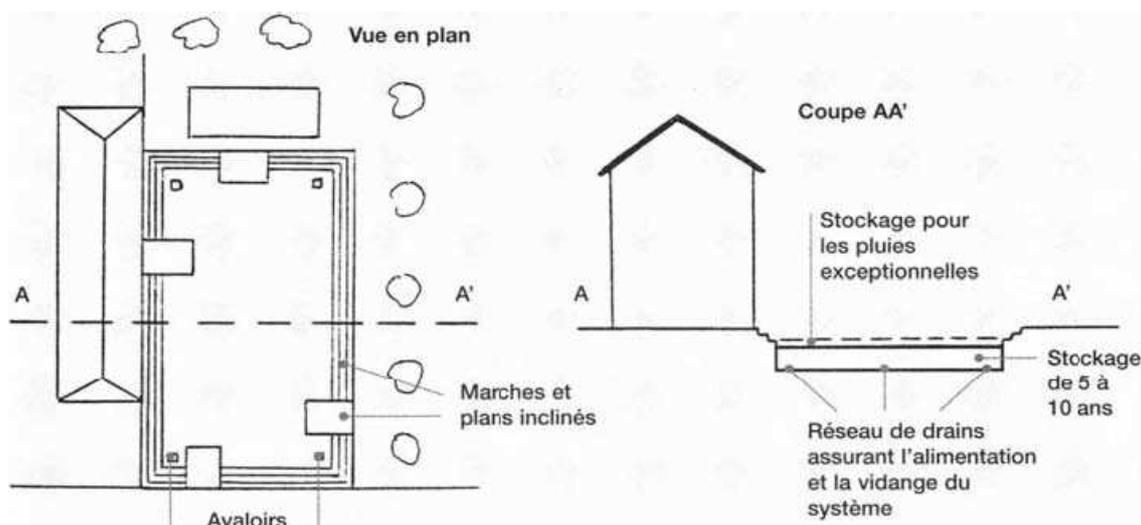


Figure 53 - schémas d'un stockage enterré sous bassin (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages - CETE du Sud-Ouest)

### 3.2. Dimensionnement :

Une connaissance approfondie du site est nécessaire : bassin versant, sous-sol, événements pluvieux historiques, environnement. Le principe du dimensionnement est le même pour un bassin sec ou en eau ; dans le premier cas, le volume disponible pour assurer la rétention souhaitée (compensation à l'imperméabilisation,

<sup>85</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

stockage de crues) est égal à la capacité totale du bassin, alors que dans le second cas, le volume disponible dépend du marnage acceptable.<sup>86</sup>

### 3.3. Infiltration :

NATURE DES TERRAINS	PERMÉABILITÉ VERTICALE m/s	DÉBIT DE FUITE D'INFILTRATION m <sup>3</sup> /jour/ha	DURÉE DE VIDANGE TOTALE D'UNE LAME D'EAU DE 1,50 m
Argiles	10 <sup>-9</sup>	0,86	> 45 ans
Marnes	10 <sup>-8</sup> 10 <sup>-7</sup>	8,64 86,40	> 45 mois < 6 mois
Limons	10 <sup>-6</sup>	864	> 20 jours
Sables fins	10 <sup>-5</sup>	8640	> 2 jours
Sables grossiers	10 <sup>-4</sup>	86400	> 4 heures
Roches fissurées	10 <sup>-3</sup>	864000	< 20 minutes

Figure 54 - pertes par infiltration et durées de vidange d'un plan d'eau en fonction de la perméabilité du sol (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages)

### 4. Questions sur l'entretien, fréquence :

- Il doit être possible d'effectuer le tour du bassin, ce qui induit un accès suffisant entre le haut des berges et la clôture éventuelle
- L'accès au fond du bassin est réalisé par une rampe
- L'accès à l'ouvrage de régulation doit pouvoir supporter le passage d'engins d'exploitation<sup>87</sup>
- *Un bassin temporaire a-t-il besoin d'un entretien régulier ?*

**Un bassin sec peut très vite devenir inesthétique dans le paysage urbain**, dès lors qu'il est laissé à l'abandon. La végétation de ses abords ou de ses parois en est souvent la cause. Une tonte régulière ainsi qu'un fauchage sont à prévoir pour le bassin enherbé ; un nettoyage type balayage pour racler la surface du bassin revêtu est recommandé. On préconise au minimum deux tontes par an pour les sites non ouverts au public et autant que nécessaire pour ceux ouverts au public. Les produits des tontes doivent impérativement être évacués<sup>14</sup>

L'entretien n'est donc pas quotidien mais en rapport direct avec la période de retour pour laquelle le bassin est sollicité, avec l'utilisation de sa surface, et enfin, avec l'efficacité des ouvrages de protection entrée/sortie. Dès lors que le bassin n'a d'autre utilité que de stocker l'eau, il se dégrade visuellement très vite. D'où l'**importance d'un usage secondaire**, en veillant toutefois à ce que celui-ci ne soit pas au détriment de l'usage premier de régulation des eaux pluviales. **Cet aspect doit faire l'objet d'une attention particulière des collectivités locales lors de l'instruction des permis de lotir ou de construire.**

- *Que faire des dépôts résiduels ?*

<sup>86</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

<sup>86</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

Une vérification de l'épaisseur des boues accumulées peut se faire après quelques années de mise en service, puis tous les cinq ans. L'extraction des décantats est réalisée par voie hydraulique ou à sec. Leur évacuation peut se faire vers un dispositif de traitement pour une filière de valorisation ou, suivant leur composition, vers un dépôt définitif. Une analyse de la qualité des boues permettra de préciser la filière de valorisation.

## 5. Coût :

Prix indicatif : coût très faible : il ne s'agit que de terrassements généraux en déblai et remblai avec des coûts d'intégration paysagère qui peuvent être très limités.<sup>88</sup>

---

<sup>88</sup> Agence de l'eau Artois-Picardie « **Vers une nouvelle politique de l'aménagement urbain par temps de pluie** » 57 pages.

## II. Les réservoirs de stockage : bassins de retenue : bassins en eau :

### 1. Principes de fonctionnement et avantages :

Les bassins en eau sont des ouvrages conçus avec un plan d'eau permanent afin de permettre une meilleure intégration paysagère. Le tirant d'eau doit être au minimum de 1,5 m pour éviter le développement et la prolifération des plantes aquatiques. Le volume de stockage doit correspondre à la hauteur de marnage admissible au-dessus du plan d'eau permanent.

D'une manière générale, l'ouvrage doit être calculé de façon à ce que la cote des P.H.E. soit callée à 30 cm environ, sous la cote du point bas aménagé.

Une étude hydrogéologique doit être réalisée afin de s'assurer de la permanence du plan d'eau et de son niveau. Si les conclusions de l'étude sont négatives, la réalisation d'un plan d'eau permanent reste néanmoins possible en mettant en place une géomembrane lestée dans le fond du bassin.

Le pourtour de l'ouvrage est protégé par une risberme de sécurité.

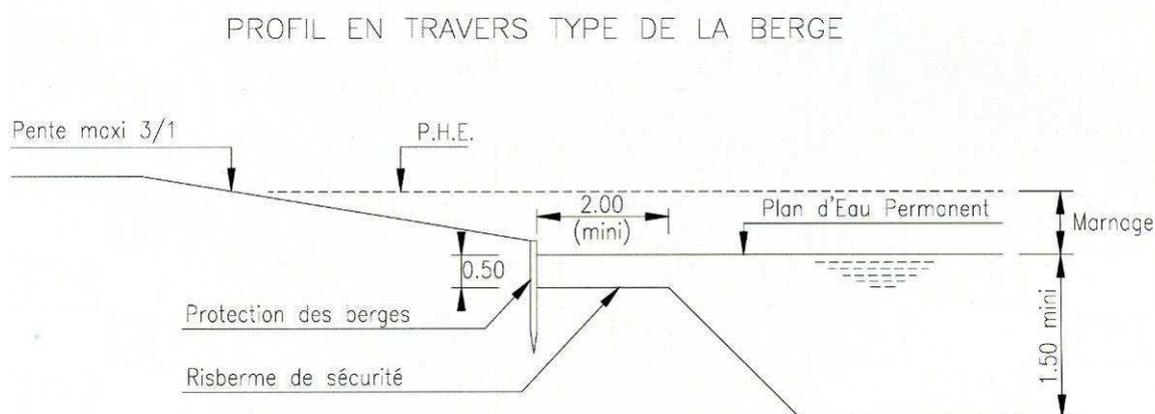


Figure 55 – Profil type d'un bassin en eau (source : Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages)

#### Principaux inconvénients<sup>89</sup> :

- idem inconvénients bassins sec, point I.1.
- le risque lié à la sécurité des riverains pour les bassins en eau

### 2. Critères pour une bonne réalisation :

Idem tableau inséré en point I.1.

### 3. Conception, dimensionnement et infiltration :

Idem point I.3.

<sup>89</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

#### 4. Questions sur l'entretien, fréquence :

Idem point I.4.

Les bassins en eau nécessitent un curage régulier. La vase contenant les différents dépôts de pollution de eaux pluviales devra être évacuée conformément à la réglementation <sup>90</sup>

• *Comment entretenir un bassin en eau ?*

- En ramassant régulièrement les flottants et en entretenant les berges.

- En contrôlant la végétation :

. en favorisant l'ombrage,

. en limitant les arrivées de fertilisants dans le bassin,

. en réalisant chaque année un faucardage avec enlèvement des végétaux,

. en vidant périodiquement le bassin (tous les dix ans environ) pour entretenir les ouvrages habituellement noyés, pour éventuellement curer le bassin et pour le renouvellement de la masse d'eau.

#### 5. Coût <sup>91</sup> :

Prix indicatif : surcoût d'environ 30 % par rapport à un bassin sec de même surface.

---

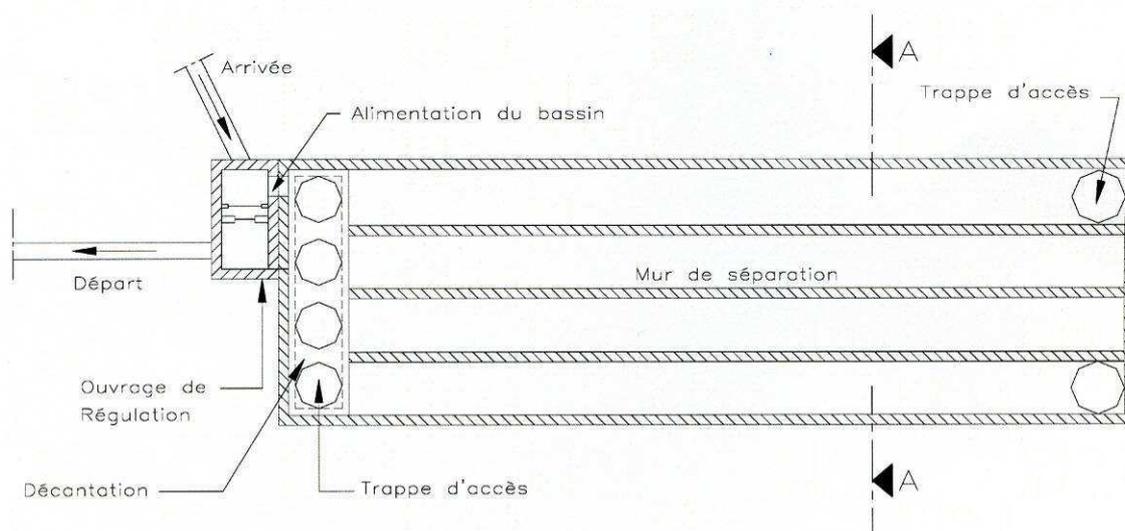
<sup>90</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

<sup>91</sup> Agence de l'eau Artois-Picardie « **Vers une nouvelle politique de l'aménagement urbain par temps de pluie** » 57 pages.

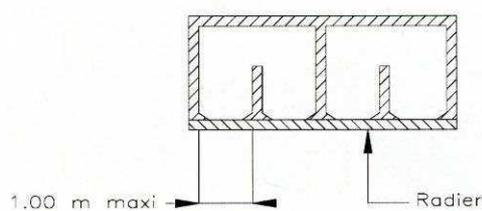
### III. Les réservoirs de stockage : bassins de retenue : bassins couverts :

Les bassins couverts sont des ouvrages la plupart du temps implantés soit sous des parkings, soit sous des aires de jeux (terrains de boules, tennis), soit sous des chaussées et ont donc l'avantage d'être dissimulés et de rester accessibles en permanence par l'exploitant. Une implantation sous circulation nécessitera de prendre en compte les surcharges roulantes. Leur couverture présente l'avantage de pouvoir éviter l'introduction de divers déchets (feuilles, branches, papiers,...)<sup>92</sup>

Leur nettoyage par ramonage hydraulique est facilité par la mise en place de plusieurs compartiments de 1 m de large, les trappes d'accès étant situées dans des zones facilement accessibles par les engins d'exploitation.



VUE EN PLAN



COUPE AA

Figure 56 – Plan et coupe types d'un bassin couvert (source : Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages)

<sup>92</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

## IV. Les réservoirs de stockage : canalisations surdimensionnées

### 1. Principes de fonctionnement :

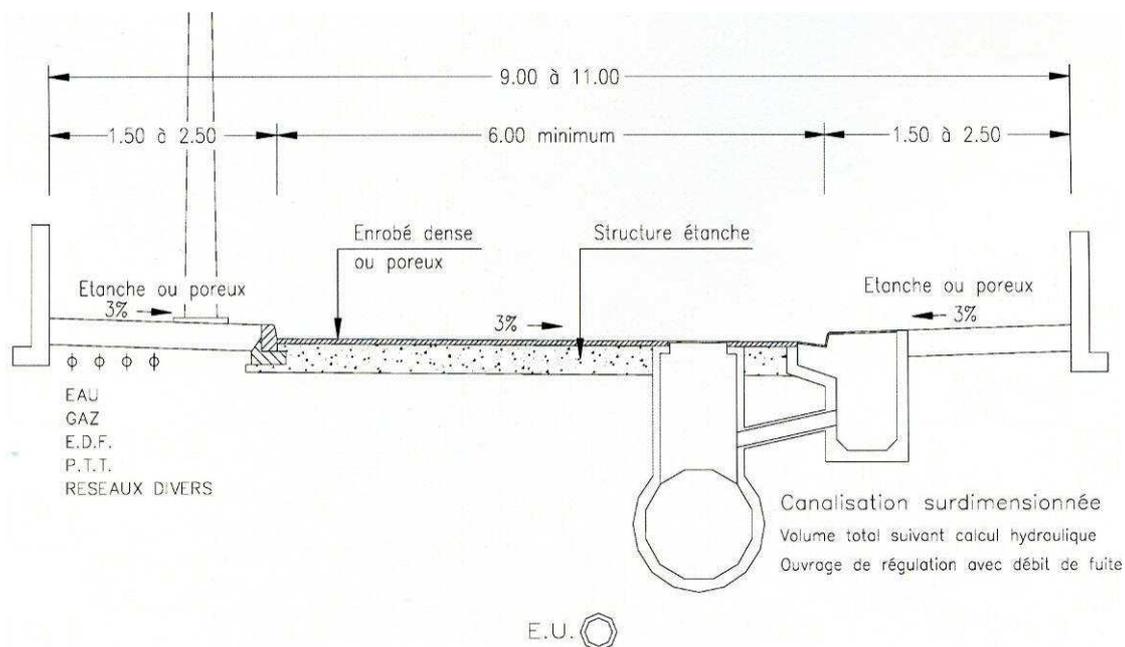


Figure 57 – Coupe type d'une canalisation surdimensionnée (source : Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages)

### 2. Questions sur l'entretien, fréquence :

L'intérêt des canalisations surdimensionnées et des bassins couverts est de pouvoir être très facilement entretenus par les hydrocureuses d'entretien des réseaux. Les dépôts seront évacués avec les produits de curage des réseaux.<sup>93</sup>

<sup>93</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

## V. Les réservoirs de stockage : noues :

### 1. Principes de fonctionnement et avantages :

Considérées comme des espaces verts temporairement submersibles, les noues consistent à remplacer le réseau EP enterré par un réseau de noues larges et peu profondes situées sur les espaces verts collectifs. Les noues peuvent avoir trois fonctions : drainage de la nappe, stockage et évacuation des débits exceptionnels.

Une noue est généralement présentée comme un fossé large et peu profond, avec un profil présentant des rives en pente douce. Sa fonction essentielle est de stocker un épisode de pluie (décennal par exemple), mais elle peut servir aussi à écouler un épisode plus rare (centennal par exemple). Le stockage et l'écoulement de l'eau se font à l'air libre, à l'intérieur de la noue. L'eau est collectée, soit par l'intermédiaire de canalisations dans le cas, par exemple, de récupération des eaux de toiture et de chaussée, soit directement après ruissellement sur les surfaces adjacentes. L'eau est évacuée vers un exutoire - réseau, puits ou bassin de rétention - ou par infiltration dans le sol et évaporation. Ces différents modes d'évacuation se combinent selon leur propre capacité. En général, lorsque le rejet à l'exutoire est limité, l'infiltration est nécessaire, à condition qu'elle soit possible.<sup>94</sup>

Parmi les principaux avantages liés à l'utilisation de cette technique, on peut citer :

- l'utilisation en un seul système des fonctions de drainage des terrains, de rétention, de régulation, d'écrêtement qui limite les débits de pointe à l'aval
- la création d'un paysage végétal et d'espaces verts pour une bonne intégration dans le site
- sa réalisation par phases, selon les besoins de stockage
- son coût peu élevé.

Cette technique comporte deux inconvénients majeurs :

- la nécessité d'entretenir régulièrement les noues
- les nuisances dues à la stagnation éventuelle de l'eau si le débit de fuite est très faible.

Outre un entretien important, les noues nécessitent aussi :

- la réservation d'emprises foncières importante
- une excellente séparation des eaux issues de habitations

<sup>94</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

## 2. Critères pour une bonne réalisation :

PARTIES ET FONCTIONS DE LA NOUE	CRITÈRES À VÉRIFIER
<p><b>LA ZONE DE STOCKAGE</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La pente du terrain naturel, qui indique la variation de profondeur du fond de noue par rapport au terrain naturel et le nombre de biefs. A la conception, l'existence d'une pente n'est pas un facteur rédhibitoire. Dans le cas d'une pente forte, des cloisons peuvent être mises en place afin d'augmenter le volume de stockage et réduire les vitesses d'écoulement. Dans le cas d'une pente très faible, inférieure à 2 ou 3‰, une cunette en béton devra être réalisée au fond de la tranchée pour assurer un écoulement minimal. A la réalisation, il faut surveiller que la pente du projet soit correctement exécutée tout au long de la noue pour éviter la stagnation d'eau dans les points bas. Celle-ci, source de mauvaises odeurs et de moustiques, est mal perçue par les habitants et dévalorise ce système d'assainissement.</li> <li>• L'érosion des sols Elle dépend de la nature des sols et de la pente transversale de la noue. La conception et l'entretien peuvent limiter l'érosion afin d'assurer la pérennité de la noue et l'acceptation du système par les habitants.</li> </ul>
<p><b>LA COLLECTE</b></p>	<p>Il n'y a pas de contrainte particulière à la mise en place d'une canalisation ou au ruissellement. Pour le ruissellement, on devra cependant vérifier que les surfaces de ruissellement sont orientées vers la noue.</p>
<p><b>L'ÉVACUATION</b> <b>Solution classique</b> <b>Infiltration</b></p>	<p>Le critère déterminant pour rejeter dans un exutoire est la capacité de ce dernier. Les critères à vérifier pour l'infiltration sont les mêmes que pour une chaussée à structure réservoir.</p>

Figure 58 – Critères pour une bonne réalisation (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages)

## 3. Conception et dimensionnement <sup>95</sup> :

Suivant les fonctions retenues, les noues auront des profils différents. En terrains perméables, elles sont comparables à des tranchées d'infiltration ouvertes pouvant être cloisonnées en biefs dans les secteurs pentus.

En terrain imperméable, on prévoira une cunette bétonnée destinée à évacuer le débit de drainage afin d'éviter les stagnations d'eau toujours mal vécues. Les busages d'accès aux parcelles peuvent être utilisés pour réguler les débits d'un bief à l'autre.

<sup>95</sup> Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgogne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages.

### 3.1. Dimensionnement <sup>96</sup> :

La première étape du dimensionnement consiste à découper le projet en sous-bassins versants, c'est-à-dire à diviser la longueur de la noue en biefs. Les biefs sont des tronçons de noue entre deux points singuliers qui peuvent être des accès à la parcelle, des busages, des croisements... Le dimensionnement des busages (accès à la parcelle...) réglera l'évacuation d'un bief dans un autre.

La méthode qui suit sera appliquée d'abord au bief amont. Celui-ci reprend les eaux de son sous-bassin versant. Il admet un débit de fuite vers le bief à l'aval. On appliquera ensuite la méthode au bief à l'aval en prenant en compte les eaux de son sousbassin versant mais aussi le débit de fuite du bief à l'amont. Tous les biefs de la noue sont ainsi dimensionnés les uns après les autres.

En général, le dimensionnement d'un bief se ramène à la définition de la section (profil en travers) lorsque la longueur est imposée par la taille du projet. Sa cote de fond est souvent imposée par le niveau de drainage des sols que l'on souhaite stocker et écouler. Ce volume, tout comme le dimensionnement qui suit, se scinde en deux pour répondre à la double fonction hydraulique de la noue de stockage d'un événement pluvial retenu et d'écoulement d'un événement plus rare.

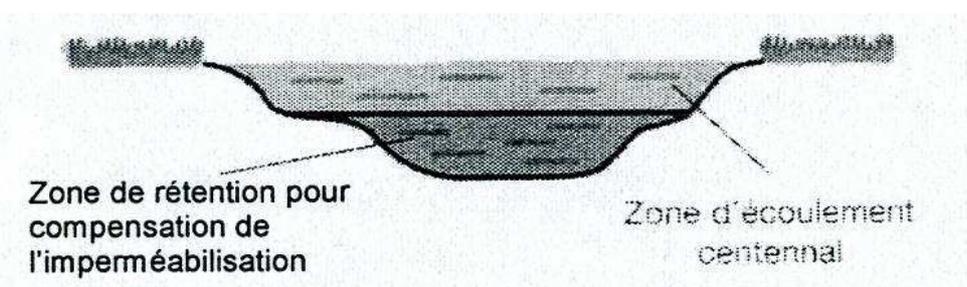


Figure 59 – découpage d'une noue en zone de stockage et d'écoulement (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages)

#### • Dimensionnement d'un volume de stockage

En assimilant le bief à un bassin de retenue.

#### • Dimensionnement du volume d'écoulement

Il s'agit d'écouler un épisode de pluie plus rare que celui pouvant être stocké dans la noue. Si le stockage est dimensionné pour la compensation de l'imperméabilisation correspondant à une pluie de période de retour décennale à vingtennale et que l'on souhaite pouvoir évacuer par la noue des pluies de période de retour centennale, le débit de pointe à prendre en compte (pour la surface de la « zone d'écoulement centennal », cf. schéma ci-dessus) correspond au débit de pointe centennal auquel on soustrait le débit de la zone de stockage (déjà compté dans la « zone de stockage pour compensation »).

<sup>96</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

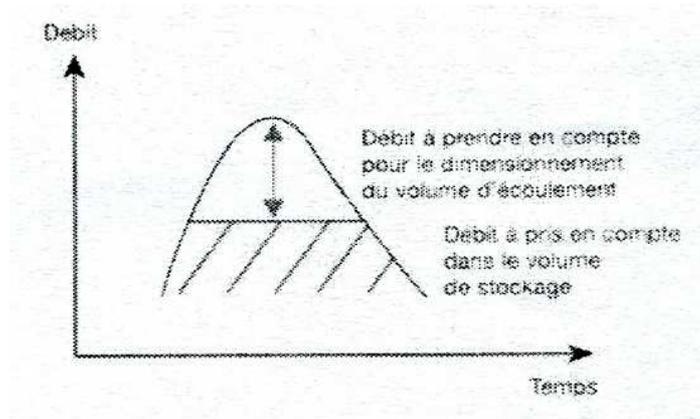


Figure 60 – Débit à prendre en compte pour dimensionner le volume d'écoulement (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages)

### 3.2. Conception <sup>97</sup> :

Une fois la noue dimensionnée, il est possible de mettre hors d'eau (pour le risque centennal) des aménagements souhaités en calant leur cote NGF au-dessus de la noue. La section peut être triangulaire, trapézoïdale. Mais elle peut aussi prendre toute autre forme qui suit les lignes de niveaux, qui s'intègre davantage dans la nature. Sa section n'a pas forcément une forme fixe sur toute la longueur. Elle peut s'évaser par endroits pour inclure un espace vert ou se rétrécir ponctuellement par manque de place.

On peut également faire varier « l'habillage de surface », son environnement, pour créer tantôt un paysage à caractère végétal (pelouses, arbustes et arbres), tantôt à caractère minéral (revêtement de galets). La forme de la section, les pentes transversales, l'environnement immédiat de la noue peuvent être conçus afin de la rendre accessible aux jeux d'enfants ou à tout autre usage de loisir. Cette forme évolutive des noues fait qu'elles sont adaptées le long des routes, mais aussi dans un lotissement (exemple de Villaboix à Bruges - 33) où leur valeur esthétique est davantage exprimée. Si les accès aux parcelles sont trop distants, il faudra mettre en place d'autres systèmes en travers pour réduire les vitesses d'écoulement.

#### • Comment éviter la stagnation de l'eau au fond de la noue ?

Au niveau de la réalisation, il convient de vérifier que la pente de projet a correctement été mise en oeuvre pour éviter les points bas. Aussi, dès la conception, on peut prévoir la réalisation d'une cunette en béton, qui accélérera la fin de la vidange.

#### • Comment limiter les risques d'accidents en période de remplissage ?

Il faut adapter la profondeur de la noue en fonction des usagers de la zone (enfants ...) et peut-être les avertir de la fonction hydraulique du système. Ainsi celui-ci sera mieux compris, ce qui limitera les accidents.

#### • Peut-on planter des arbres dans les noues ?

Oui, pour aménager la noue en espace vert. Les arbres permettront une meilleure infiltration de l'eau grâce à leurs racines qui aèrent la terre ; ils joueront aussi un rôle dans la régulation de l'eau par l'évapotranspiration. Dans le cas où le temps de séjour de l'eau dans la noue est important, il sera préférable de planter des espèces adaptées aux milieux humides.

<sup>97</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

- *Comment stabiliser les pentes transversales si elles sont trop fortes ?*

On pourra engazonner les berges en ayant pu au préalable disposer un géotextile, ou réaliser localement des enrochements qui contribueront à donner un caractère minéral à la noue, ou encore installer des dalles de béton-gazon.

- *Que faire en cas de risque de pollution ?*

Lorsque le risque de pollution est trop important, comme le long d'une autoroute, l'infiltration est prohibée. La noue ne sera utilisée que pour sa fonction de rétention. A la réalisation, on mettra en place une géomembrane qui isolera le sol et le protégera de toute pollution. Par-dessus, on placera du gazon pour conserver la valeur esthétique de la noue.

- *Une noue peut-elle se colmater ?*

A long terme, la terre végétale constituant la partie superficielle des noues se tasse et diminue ainsi l'infiltration. Mais ce phénomène est très limité et l'infiltration reste toujours possible, comme le rejet dans l'exutoire naturel s'il a été prévu dès le début du projet, ou l'exutoire artificiel s'il a été créé.

#### 4. Questions sur l'entretien, fréquence :

Le bon fonctionnement des noues est tributaire d'une bonne réalisation qui doit au départ intégrer les contraintes d'entretien : les pentes de berges doivent être douces afin de permettre un passage des tondeuses à gazon.<sup>98</sup> Une noue a besoin d'un entretien préventif régulier pour éviter qu'elle ne se transforme en mare ou en égout à ciel ouvert ; de la fréquence de cet entretien dépend fortement l'image d'environnement de qualité que constitue la noue. Il consiste à tondre la pelouse, assez souvent en été (sauf en zone méditerranéenne), à arroser quand les sols sont secs pour que la végétation ne dépérisse pas, à ramasser les feuilles à l'automne et les débris d'origine humaine, et à curer les orifices.<sup>99</sup>

Pour pallier le risque de bouchage des orifices, un drain peut être mis en place sous la noue ; l'eau s'infiltrerait dans le fond de la noue puis atteindrait le drain et s'écoulerait vers l'exutoire.

Les noues d'infiltration, lorsqu'elles recueillent les eaux de ruissellement, seront sujettes à un colmatage progressif. On prévoira de le curer périodiquement (5 à 10 ans) Pour les noues en terrain imperméable, un entretien différent sera nécessaire, notamment au niveau des passages busés qui risquent de s'obstruer.<sup>100</sup>

- *Que faire en cas de pollution accidentelle ?*

En cas d'accident, on limitera la zone polluée en isolant les biefs (fermeture des orifices) et en pompant la pollution déversée.

#### 5. Coût :

Prix indicatif : de l'ordre de 10 Euros HTVA par mètre linéaire (ml), proportionnel au m3 terrassé. Comparaison avec un réseau d'assainissement classique (canalisations, tranchées et regards de visite) : prix de l'ordre de 120 à 140 Euros HTVA par ml1.<sup>101</sup>

<sup>98</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

<sup>99</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

<sup>100</sup> Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgogne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages.

<sup>101</sup> Agence de l'eau Artois-Picardie « **Vers une nouvelle politique de l'aménagement urbain par temps de pluie** » 57 pages.

## VI. Les structures réservoirs : généralités :

### 1. Principes de fonctionnement, avantages et inconvénients :

#### 1.1. Fonctionnement :

Ces structures sont partie intégrante de la chaussée, que ce soit pour les parkings, voies circulées, trottoirs, allées de garages en lotissement... Outre les fonctions mécaniques que doivent assurer ces structures, sur le plan hydraulique il faut <sup>102</sup> :

- introduire l'eau de pluie dans les pores du réservoir
- stocker temporairement cette eau
- vidanger le réservoir soit par filtration soit par évacuation vers le réseau EP

1. *Introduction de l'eau dans la structure* : La solution la plus naturelle consiste à réaliser un revêtement de sol qui soit suffisamment perméable pour éviter tout ruissellement. Cet objectif peut être atteint avec les matériaux les plus divers : des enrobés bitumineux poreux, des bétons de ciment poreux, des dalles alvéolées en béton, des graves à granulométrie discontinue non traitées, des pavés de béton poreux. Le choix sera exclusivement lié à l'usage réservé à la surface : voirie piétonne, parking, voie faiblement ou très circulée, ... Lorsqu'un revêtement perméable ne peut être mis en place, les eaux de ruissellement seront recueillies par des avaloirs ou des caniveaux qui seront en liaison avec la structure-réservoir par des drains ou des ouvertures dimensionnées de façon à pouvoir évacuer le débit de pointe correspondant à la pluie retenue. <sup>103</sup>

La collecte des eaux peut être réalisée de plusieurs manières <sup>104</sup> :

- **Infiltration directe** : La collecte de l'eau à travers un matériau perméable en surface est la technique de collecte la plus répandue. L'infiltration directe, répartie et immédiate de l'eau dans la structure poreuse évite le ruissellement, le lessivage de la chaussée, la formation de flaques ainsi que les projections dues à la circulation des véhicules.

- **Ruissellement suivi d'une infiltration** : La collecte s'effectue ici par ruissellement sur une chaussée étanche dont la pente est dirigée vers une zone traitée en revêtement poreux. Le ruissellement suivi d'une infiltration est appliqué dans deux cas : lorsqu'il est nécessaire de réaliser des aires de manœuvre de poids lourds en enrobé dense au milieu de zones en enrobés poreux afin de se protéger des risques d'arrachement et lorsqu'il est nécessaire d'infiltrer des eaux de toiture dans une structure réservoir.

- **Ruissellement suivi d'une injection** : La collecte est effectuée par ruissellement sur une chaussée étanche vers un caniveau en communication avec une bouche d'égout, laquelle recueille l'eau pour l'injecter dans la structure par un réseau de drains. Cette solution comporte cependant un risque de colmatage de la structure par entraînement de particules et n'est plus mise en œuvre sur la Communauté Urbaine de Bordeaux.

2. *Stockage temporaire de l'eau* : Le dimensionnement hydraulique du volume à stocker est réalisé de façon classique, mais dans la mesure où cette technique des « chaussées-réservoirs » utilise la structure de certains équipements publics comme voirie, parking, terrain de sport, il est nécessaire d'utiliser des matériaux poreux ayant des propriétés mécaniques suffisantes. <sup>105</sup> Le stockage sera réalisé soit dans des structures en matériaux non traités présentant des indices de vide au moins égaux à 30 %, soit dans des structures alvéolaires à indice de vide supérieur à 95 %. Le calcul du volume de stockage ne tiendra pas compte du volume des vides de la couche de roulement lorsqu'elle est réalisée en enrobé poreux ou en pavés poreux.

<sup>102</sup> Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgoigne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages.

<sup>103</sup> Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgoigne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages.

<sup>104</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

<sup>105</sup> Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgoigne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages.

3. *Evacuation et restitution des eaux en milieu naturel* : Suivant la fonction assurée par le dispositif, les systèmes d'évacuation peuvent être très différents : fonction de régulation du débit de pointe, fonction de stockage infiltration. Dans le premier cas, les systèmes les plus utilisés sont à contraction de lame déversante dont les organes sont simples et robustes ou des drains dont les sections déterminent le débit maximal à évacuer. Pour l'infiltration sur place, des précautions sont éventuellement à prendre pour protéger la qualité de nappe phréatique. Il faut alors assurer trois fonctions : le stockage de l'eau précipitée, le traitement à un débit régulé, l'infiltration dans le sol support.

L'évacuation peut se faire vers :

- un exutoire prédéfini
- un réseau d'eau pluviale
- l'infiltration, sachant que cette solution ne peut pas être seule.

Ces trois fonctions peuvent être assurées sur un même lieu, sous un parking par exemple. On trouve alors une « chaussée-réservoir » en surface dont la base est étanche, une collecte des eaux pluviales dans cette structure par des drains qui alimentent le dispositif de traitement puis une dispersion par drains de l'eau traitée dans une couche drainante d'où elle rejoindra la nappe phréatique.

L'intérêt majeur de cette technique réside dans le fait que le dimensionnement du système de traitement est réduit dans des proportions considérables et que la qualité du traitement à débit régulé a un rendement bien meilleur. Le cas des structures-réservoirs en pente peut être traité de deux façons : augmentation de l'épaisseur de matériau poreux dans la partie basse ou mise en place de séparations étanches permettant en fait d'obtenir plusieurs structures-réservoirs fonctionnant en cascade. Chaque réservoir communique avec le suivant grâce à un orifice calibré qui régule le débit.

## 1.2. Avantages <sup>106</sup> :

- l'insertion très facile en milieu urbain sans consommation d'espace
- diminution du bruit de roulement si le revêtement de surface est un enrobé drainant
- amélioration de l'adhérence
- piégeage de la pollution
- alimentation de la nappe.

## 1.3. Inconvénients :

Les inconvénients sont éventuellement liés au risque de pollution de la nappe (pollution accidentelle) et au colmatage lorsque l'on utilise des enrobés drainants, sans autre solution de réception-injection. <sup>107</sup>

### 1.3.1. Colmatage :

Si les risques de colmatage existent, ils n'affectent que la partie très superficielle de la chaussée. Tous les matériaux poreux en couche de roulement de chaussées sont soumis au phénomène de colmatage, dont la rapidité dépend d'un certain nombre de facteurs, tels que :

- **La granulométrie du matériau** : plus elle est importante, moins il y a de risques de colmatage

<sup>106</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

<sup>107</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

- **L'environnement du site** : la proximité de la végétation, de trottoirs au revêtement sableux, le ruissellement d'eaux polluées depuis l'amont du bassin versant favorisent le colmatage
- **Le trafic** : le type de trafic influe très fortement sur le processus de colmatage

Les études menées sur la Communauté Urbaine de Bordeaux ont montré que ce phénomène strictement superficiel, sur 1 à 2 cm de profondeur, est provoqué par la rétention presque simultanée d'éléments fins et fibreux qui forment par accumulation dans le temps une « gangue » réduisant peu à peu l'absorption de surface.

L'entretien des chaussées doit donc être périodique. Préventivement, on évitera la présence de matériaux colmatants et l'on préférera, si les contraintes mécaniques le permettent, les matériaux à granulats grossiers sur lesquels l'absorption est plus importante avec des risques de colmatage très largement diminués.

**Contrainte particulière** : La mise en place de matériaux poreux interdit l'épandage de sable en cas de neige ce qui nécessite la tenue d'un répertoire spécifique des voies concernées dans le cadre d'un plan neige.<sup>108</sup>

### 1.3.2. Arrachement :

Les couches superficielles d'enrobés poreux présentent parfois un arrachement sur les zones de manœuvre de poids lourds provoqué par le frottement des pneus sur l'enrobé lors de la giration des véhicules.

L'utilisation de ce type de revêtement sera donc exclue sur les zones de giration des poids lourds où elle sera remplacée par des revêtements classiques en pente vers les zones traitées en enrobés poreux.<sup>109</sup>

### 1.3.3. Effet du gel – viabilité hivernale :

La conductivité thermique d'une couche de roulement poreuse est la cause, dans certaines conditions climatiques, d'un abaissement plus rapide et plus important de la température de surface. Cependant, le problème du gel à l'intérieur de la structure n'est pas préoccupant, compte tenu des vides existants qui permettent à l'eau, en gelant, d'augmenter le volume sans difficulté. Par ailleurs, le gel dans la structure pourrait n'est pas incompatible avec la fonction de stockage puisque la saison des orage ne coïncide pas avec les périodes de froid.

Toutefois, la porosité de l'enrobé emprisonnant une certaine humidité durant l'hiver, une condensation à la surface du revêtement peut entraîner un risque de verglas.<sup>110</sup>

La sensibilité au gel d'une surface poreuse est souvent différente de celle d'une chaussée lisse sans que l'on puisse affirmer que l'une est meilleure que l'autre. L'enrobé drainant sera plus sensible au givre que l'enrobé dense mais moins sensible à la neige mouillée.

Le sel fin (<1 mm) suffit à lutter contre une pluie verglaçante tandis que la Bouillie de Chlorure est utilisée contre la congélation et l'humidité persistante, le givre, la pluie sur sol gelé, le brouillard givrant et la neige humide. Le sablage est à éviter car il colmaterait la structure.<sup>111</sup>

<sup>108</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

<sup>109</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

<sup>110</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

<sup>111</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

## 1.4. Limites d'utilisation <sup>112</sup> :

### 1.4.1. Les lotissements de constructions libres :

- Risque de colmatage de la structure par ravinement des terres végétales des lots en attente de construction
- Risque de colmatage de la structure pendant la phase de chantier des maisons individuelles : déversement des sables, matériaux de chantier, béton, terre végétale
- Problèmes liés à la présence de réseaux divers et de branchements à l'intérieur de la structure
- Difficultés de réaliser des réfections de tranchées ultérieures avec un matériau poreux similaire à celui d'origine

### 1.4.2. Les aires de giration des poids lourds :

La rotation des pneus des poids lourds crée un cisaillement sur l'enrobé entraînant l'arrachement superficiel du matériau et le colmatage de l'enrobé par les poussières générées. Un enrobé dense est donc prévu et une autre solution de stockage est à envisager.

### 1.4.3. Les aires de stockage de matériaux :

Certaines grandes surfaces commerciales ont implanté leur zone de stockage de matériaux sur une zone initialement prévue en parking et traitée en enrobés poreux provoquant ainsi l'arrachement du matériau par les camions des fournisseurs et des clients. Des accidents fréquents sont également à relever qui provoquent le colmatage de la surface : peinture renversée, sacs de ciment ou autres déchirés.

Faute de précisions sur ces zones de stockage au niveau du permis de construire, il est conseillé de demander un complément d'informations afin d'éviter de traiter ces zones en enrobés poreux.

---

<sup>112</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

## 2. Critères pour une bonne réalisation :

PARTIES ET FONCTIONS DE LA CHAUSSÉE	CRITÈRES À VÉRIFIER
<b>LA STRUCTURE RÉSERVOIR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>La pente du terrain :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trop importante, elle peut provoquer une accumulation de l'eau dans les points bas et son débordement sur la chaussée ; elle réduit aussi la capacité de stockage dans le matériau poreux ; on peut mettre en place des cloisons ou augmenter l'épaisseur du matériau pour améliorer cette capacité de stockage.</li> <li>La pente est dite « importante » à partir de 1 %. On retiendra qu'il est possible de réaliser des chaussées à structure réservoir jusqu'à des pentes de 10 % (ZAC de Verneuil-sur-Seine - 78).</li> <li>- Inversement, sur terrains plats, il n'y a pas de risque de débordement, mais la durée de vidange peut être trop longue ; il est souhaitable de donner de légères pentes (de l'ordre de 1 % en profil en travers et au minimum 0,3 % en profil en long) au fond de la structure poreuse pour éviter les stagnations locales d'eau.</li> </ul> </li> </ul>
<b>LA COLLECTE</b> <b>Revêtement compact</b>  <b>Revêtement drainant</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il n'y a pas de contrainte particulière à la mise en place d'avaloirs et de drains.</li> <li>- <b>Le trafic :</b> les expériences : <ul style="list-style-type: none"> <li>- rocade bordelaise,</li> <li>- boulevard périphérique parisien et autres rocades,</li> </ul> montrent que l'enrobé drainant peut supporter un trafic lourd s'il est correctement dimensionné.  A l'opposé, pour les faibles trafics, où la capacité d'autocurage est limitée, des compositions d'enrobé drainant très ouvertes permettront un entretien efficace. </li> <li>- L'enrobé drainant est à proscrire : <ul style="list-style-type: none"> <li>. dans les virages serrés et giratoires à cause d'efforts de cisaillement trop importants,</li> <li>. pour les voies où il y a de gros apports d'eau en provenance de bassins versants ruraux.</li> </ul> </li> </ul>
<b>L'ÉVACUATION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>La perméabilité du sol :</b> de <math>10^{-5}</math> à <math>10^{-3}</math> m/s, elle permet la sortie de l'eau par infiltration dans le sol support. Avec des perméabilités plus faibles, la technique reste intéressante mais il faut y associer une évacuation régulée vers le réseau public ou le réseau hydrographique superficiel afin d'assurer une vidange en 2 jours maximum.</li> <li>• <b>La sensibilité du sol support à l'eau :</b> le sol peut perdre ses caractéristiques mécaniques en présence d'eau dans certains cas, le dimensionnement de la structure de la chaussée pourra pallier ce défaut (voir le chapitre « dimensionnement »).</li> <li>• <b>La profondeur de la nappe :</b> le sol situé entre le réservoir et la nappe jouant le rôle de filtre, une épaisseur minimale peut être fixée par les services d'hygiène locaux. Une infiltration avec une nappe affleurante nécessite des mesures de protection supplémentaires.</li> <li>• Lorsque le <b>risque de pollution accidentelle ou diffuse</b> existe, il faudra prévoir des dispositifs d'épuration en amont de l'infiltration dans le sol. Lorsque le risque de pollution est fort, l'infiltration est à proscrire ; la sous-couche sera protégée par une géomembrane et l'évacuation de l'eau se fera vers un autre exutoire.</li> <li>• <b>Le règlement qui limite ou interdit l'infiltration :</b> périmètre de protection des eaux pour baignade ou alimentation en eau potable.</li> </ul>

Figure 61 – Critères pour une bonne réalisation (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages)

Enfin, pour en assurer la pérennité, il est important d'informer les usagers des principes de fonctionnement de la chaussée à structure réservoir et des règles minimales à respecter, telles que :

ne pas rejeter d'eaux usées ni polluées dans des avaloirs assurant la diffusion des eaux de pluie dans ces structures,

- ne pas entreposer de terre ou de matériaux pulvérulents sur des revêtements drainants.

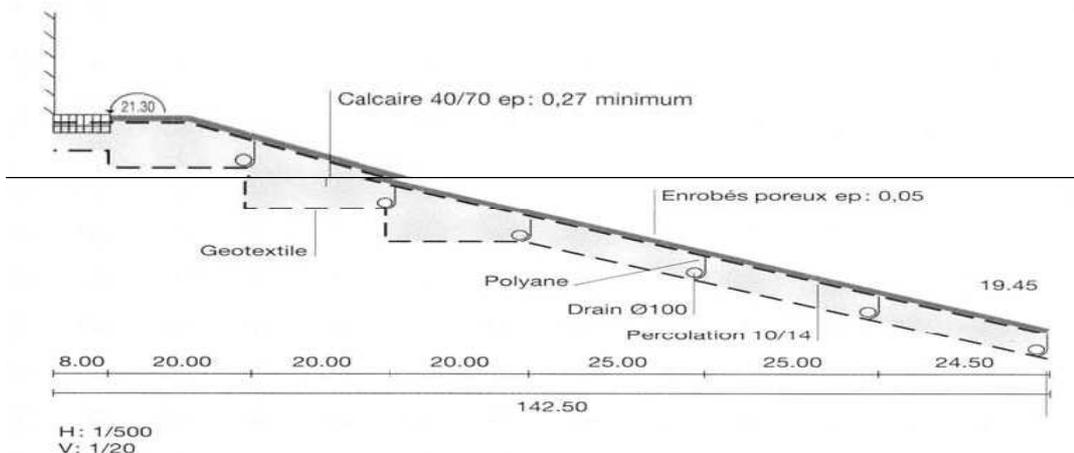


Figure 62 – Pour augmenter la capacité de stockage dans le matériau poreux, on pourra mettre en œuvre une chaussée à structure réservoir en cascade à l'aide de cloisons ou de surépaisseur (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages - CETE du Sud-Ouest)

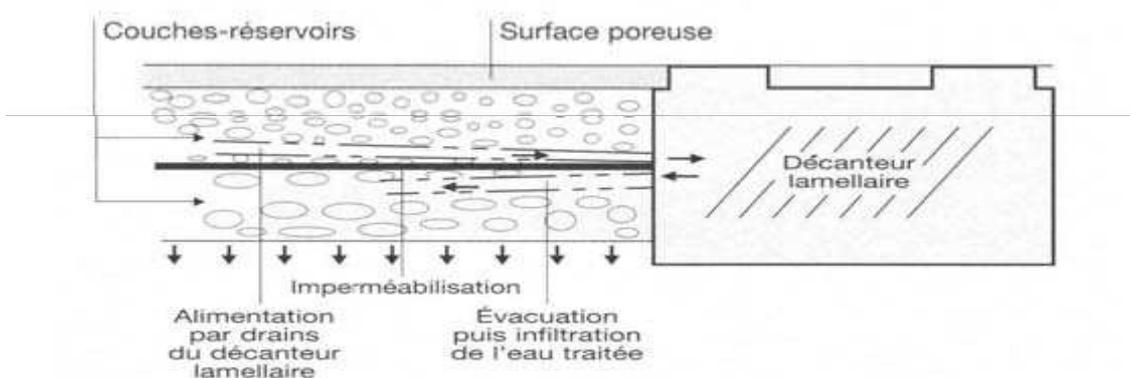


Figure 63 – Mise en place d'une structure réservoir avec membrane étanche pour protéger le sol (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages - CETE du Sud-Ouest)

Face au risque de pollution accidentelle, des dispositifs d'épuration et de prétraitement doivent être installés. Par exemple, une géomembrane permet d'isoler la structure réservoir du sol : une série de drains collecte les eaux en fond de réservoir et les conduit vers des décanteurs, une autre série part de ces décanteurs pour amener l'eau sous la géomembrane, à débit régulé, afin qu'elle s'infiltré dans le sol.

### 3. Conception, dimensionnement <sup>113</sup> :

#### 3.1. Calcul du volume de rétention nécessaire :

Après avoir rassemblé les principaux éléments nécessaires à la conception du projet :

<sup>113</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

- topographie ,
- délimitation des bassins versants,
- caractéristiques mécaniques et hydrauliques des sols,
- caractéristiques de la nappe ...)

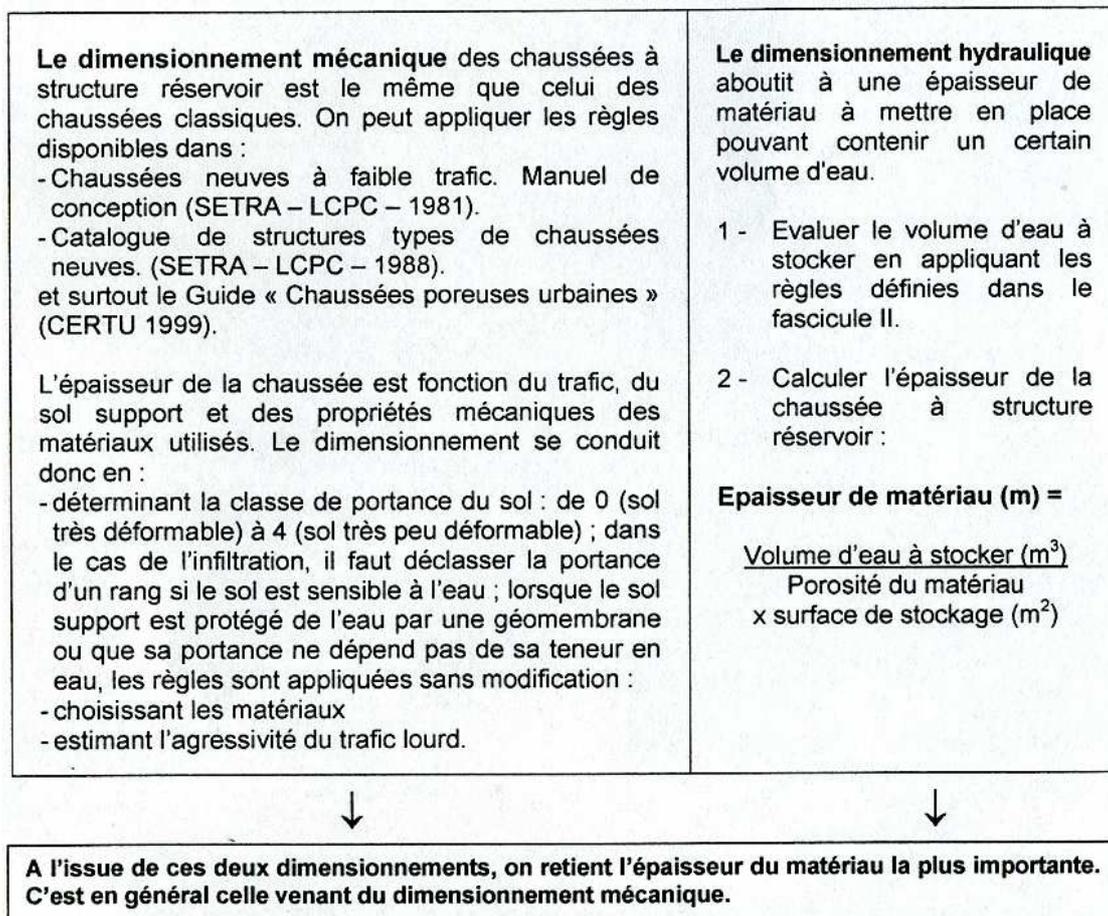


Figure 64 – La structure réservoir de la chaussée se dimensionne selon deux aspects, hydraulique et mécanique (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages)

### 3.2. Choix des matériaux de constitution des structures réservoirs :

**En couche de surface**, les matériaux utilisés peuvent être perméables ou non.

□ Dans le premier cas (revêtement drainant), citons parmi les matériaux perméables, les enrobés drainants, les bétons poreux et les pavés poreux. Les enrobés drainants dont on dispose actuellement, ceux de la nouvelle génération, sont plus ouverts que les anciens enrobés, ce qui diminue la vitesse de colmatage ; l'atténuation sonore reste satisfaisante.

Les pavés poreux sont généralement constitués de béton. Ils sont posés sur une couche de sable grossier pour faciliter leur calage et pour limiter les risques d'infiltration des polluants. Un géotextile doit être placé sous le lit de sable. Leur absorption de surface est de l'ordre de 10-3 m/s voire 10-2 m/s et leur porosité varie de 20 à 25 %. Leur épaisseur varie de 6 à 12 cm.

□ Dans le second cas (revêtement compact), des dispositifs d'injection des eaux dans la structure poreuse sont nécessaires. Le dimensionnement de l'enrobé étanche se fait de façon classique ; pour les drains, on se reportera aux prescriptions des normes ou des indications situées en début de fascicule.

**En couche de base**, des matériaux perméables ou non peuvent être utilisés. Les matériaux perméables ne sont nécessaires que si la couche de surface est elle-même perméable ; ce sont alors principalement des graves bitumes poreuses, des bétons hydrauliques poreux, des matériaux discontinus concassés sans sable et des matériaux alvéolaires plastiques comme le NIDAPLAST.. Par couche de base, il faut entendre ici les différentes couches qui constituent l'assise de la chaussée : celle-ci peut être constituée, suivant l'épaisseur des matériaux, d'une seule couche ou de deux couches dont la couche de fondation qui participe au comportement mécanique de la chaussée.<sup>114</sup>

**En couche de fondation et en couche de forme (produits complémentaires)**, les matériaux ayant les plus fortes porosités seront utilisés afin d'assurer le stockage temporaire des eaux de pluie. Les principaux matériaux disponibles sont les concassés sans sable et les plastiques alvéolaires.

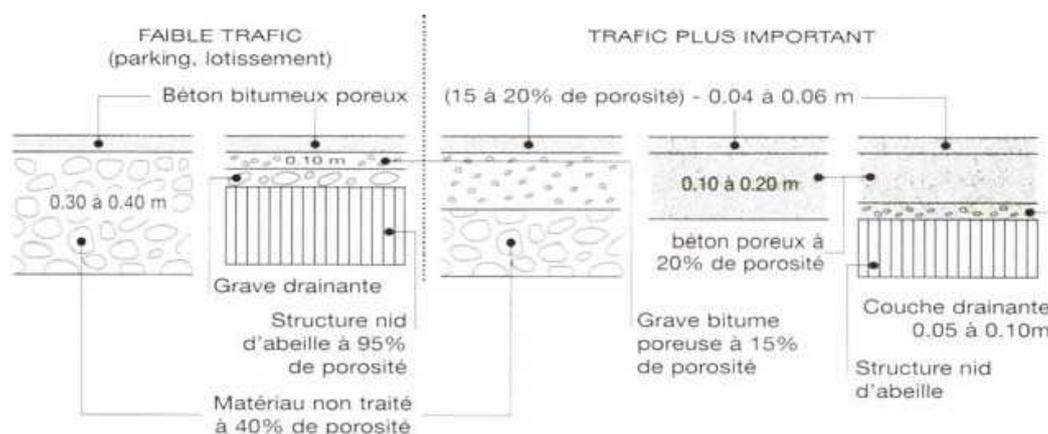


Figure 65 – Compositions de sol selon la portance (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages)

### 3.3. Evacuation :

Les drains classiques d'évacuation en fond de tranchée doivent fonctionner en charge et en décharge comme indiqué sur le schéma ci-dessous, pour éviter qu'ils ne se colmatent. Il faut réguler et limiter le débit d'évacuation vers le réseau par la capacité des drains, ou, à défaut, avec un système d'ajustage, d'orifice ou de vanne.

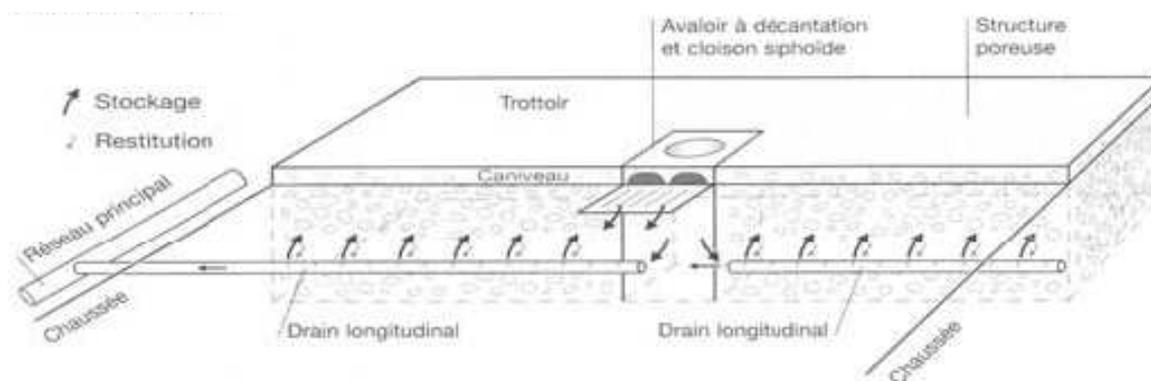


Figure 66 – fonctionnement des drains en charge et décharge (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages - CETE du Sud-Ouest)

<sup>114</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

### 3.4. Chronologie de réalisation :

Pour les projets où, pendant la phase travaux, de gros apports de terre peuvent se faire sur les voies, il convient :

- de condamner les avaloirs pendant cette phase et de ne mettre en service la structure-réservoir qu'une fois tous les travaux susceptibles de salir les voies achevés,
- de protéger par une couche provisoire les enrobés poreux, si c'est cette solution qui est retenue pour l'alimentation de la structure réservoir.

### 3.5. Dispositions constructives <sup>115</sup> :

Compte tenu de la diversité des applications possibles et de l'expérience acquise dans ce domaine, la mise en œuvre des structures réservoirs doit se limiter aux principes suivants :

- Stockage sous trottoir avec chaussée monopente en enrobé poreux
- Stockage en structure réservoir sous circulation
- Stockage sous parking poreux
- Compatibilité avec des espaces verts

## 4. Questions sur l'entretien, fréquence :

### 4.1. Revêtement perméable :

**En préventif**, un nettoyage par mouillage puis balayage n'est pas adapté car il a tendance à enfoncer les éléments nuisibles et provoque même une diminution de l'absorption qui s'accroît avec le nombre de passages. Le nettoyage-aspiration à fréquence au moins trimestrielle permet de maintenir la perméabilité d'origine. <sup>116</sup>

**En curatif**, le lavage à l'eau sous haute pression (pulvérisation d'eau par jets rotatifs) combiné à l'aspiration donne des résultats satisfaisants : l'enrobé retrouve des niveaux d'absorption d'origine, 10-2 m/s. <sup>117</sup>

L'expérience bordelaise montre que deux passes suffisent et que la très haute pression ( $P > 400$  bars) n'est pas nécessaire. Sur l'agglomération bordelaise, les coûts de cette technique ont été évalués entre 0,6 à 0,75 € /m<sup>2</sup>. La vitesse d'avancement de la machine varie de 200 à 800 m/heure, pour une largeur de travail de 3,50 m. La boue doit être évacuée conformément à la réglementation. <sup>118</sup>

### 4.2. Revêtement imperméable :

Les techniques classiques d'entretien de chaussées conviennent : balayage, aspiration. Nettoyer fréquemment la surface réduira les risques de pollution de la couche de stockage en matériaux poreux. <sup>119</sup>

<sup>115</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

<sup>116</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

<sup>117</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

<sup>118</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

<sup>119</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

#### 4.3. Entretien de la structure réservoir :

Compte tenu de la nature des matériaux constituant la structure réservoir – matériaux concassés, quelques précautions doivent être prises en cas de travaux : notamment, les parois latérales des tranchées ne seront pas verticales et lors du remblayage, il faudra reconstituer la structure poreuse à l'identique ou au moins assurer les écoulements à sa base. D'autre part, afin d'éviter la migration d'éléments fins vers les matériaux poreux de la structure réservoir, il faut éviter de mettre celle-ci en contact avec des matériaux constitués de tels éléments ; pour cela, on peut éventuellement protéger les matériaux poreux par un géotextile.<sup>120</sup>

#### 4.4. Entretien des ouvrages hydrauliques :

On utilisera les matériels classiques employés pour le curage des réseaux d'assainissement : hydrocureuses, aspiratrices.<sup>121</sup>

#### 4.5. Le fraisage :

Le fraisage est une technique relativement coûteuse mais qui permet, après aspiration et pose d'un nouveau revêtement, d'obtenir une structure ayant les mêmes performances qu'à l'origine.

La réutilisation des produits de fraisage pour la réalisation de la nouvelle couche de roulement est absolument proscrite pour les chaussées poreuses et les matériaux traités conformément à la réglementation.

---

<sup>120</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

<sup>121</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

## VII. Les structures réservoirs : chaussées et parkings réservoirs :

### 1. Principes de fonctionnement et dimensionnement :



Les chaussées et parkings à structures réservoirs doivent répondre à deux types de contraintes :

- Les contraintes de circulation ou contraintes mécaniques
- Les contraintes hydrauliques

Le dimensionnement de ces structures sera donc étudié en correspondance avec ces deux objectifs, le plus contraignant étant retenu.

Au vu des résultats des calculs de dimensionnement, la plupart de ceux-ci montrent que la hauteur des matériaux mis en œuvre dépendent essentiellement des paramètres mécaniques. En effet, une hauteur d'eau de 50 mm (hauteur moyenne d'une pluie d'orage) est facilement stockable dans une épaisseur de matériau de 20 cm contenant 30 % de vide.

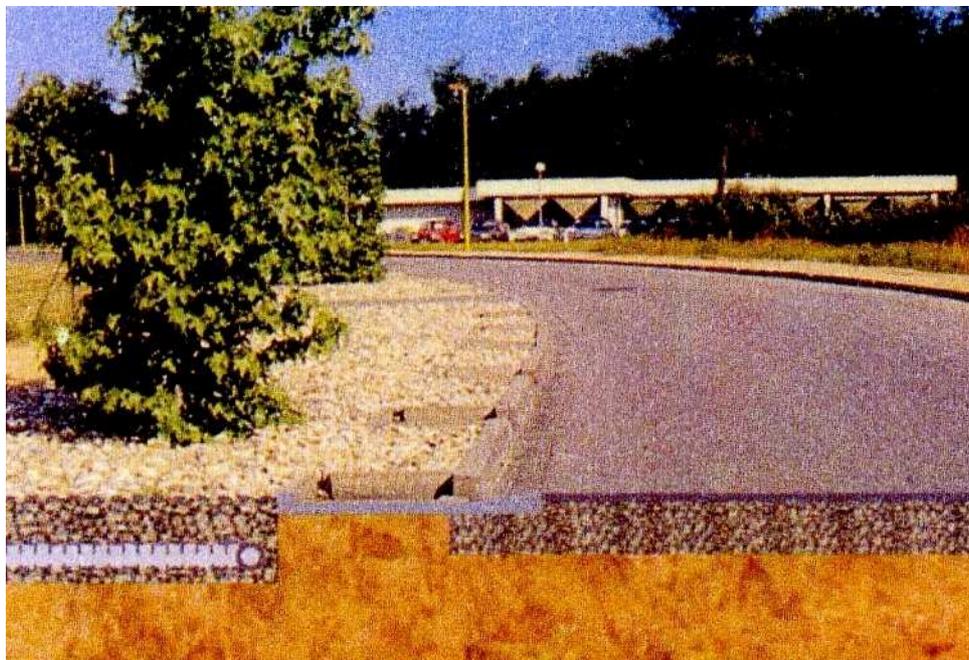
### 2. Coût <sup>122</sup> :

Prix indicatif chaussées à structure réservoir pour les enrobés classiques : de l'ordre de 250 Euros HT par ml de chaussée Enrobé drainant : de 270 à 450 Euros HT par ml de chaussée Les chaussées réservoirs restent une solution moins onéreuse qu'une solution classique avec une chaussée traditionnelle, canalisations et bassin de rétention. Par contre, lorsque d'autres techniques alternatives comme les noues et les fossés peuvent être mises en place, sans incidence de prix majeure sur le foncier, les chaussées à structures réservoirs s'avèrent plus coûteuses.

<sup>122</sup> Agence de l'eau Artois-Picardie « **Vers une nouvelle politique de l'aménagement urbain par temps de pluie** » 57 pages.  
ETUDE SUPPORT AU PLAN PLUIES POUR BRUXELLES

## VIII. Les structures réservoirs : tranchées drainantes parallèles à la voirie :

### 1. Principes de fonctionnement et avantages :



La tranchée est une excavation de profondeur et de largeur faibles, servant à retenir les eaux.<sup>123</sup> Situées à l'aval immédiat d'un secteur imperméabilisé, elles collectent le ruissellement perpendiculairement à leur longueur, donc avec des débits relativement réduits qu'elles restituent après stockage soit par infiltration, soit à débit régulé vers le réseau.<sup>124</sup>

Elle peut revêtir en surface divers matériaux tels qu'un enrobé drainant, une dalle de béton, des galets ou de la pelouse, selon son usage superficiel : parkings de centres commerciaux, trottoirs le long de la voirie, pistes cyclables ou jardins. L'eau est collectée soit localement par un système classique d'avaloirs et de drains qui conduisent l'eau dans le corps de la tranchée, soit par infiltration répartie à travers un revêtement drainant en surface : enrobé drainant, pavé poreux, galets ou par des orifices entre bordures ou autres systèmes d'injection, après ruissellement sur les surfaces adjacentes.<sup>125</sup>

<sup>123</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

<sup>124</sup> Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgogne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages.

<sup>125</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

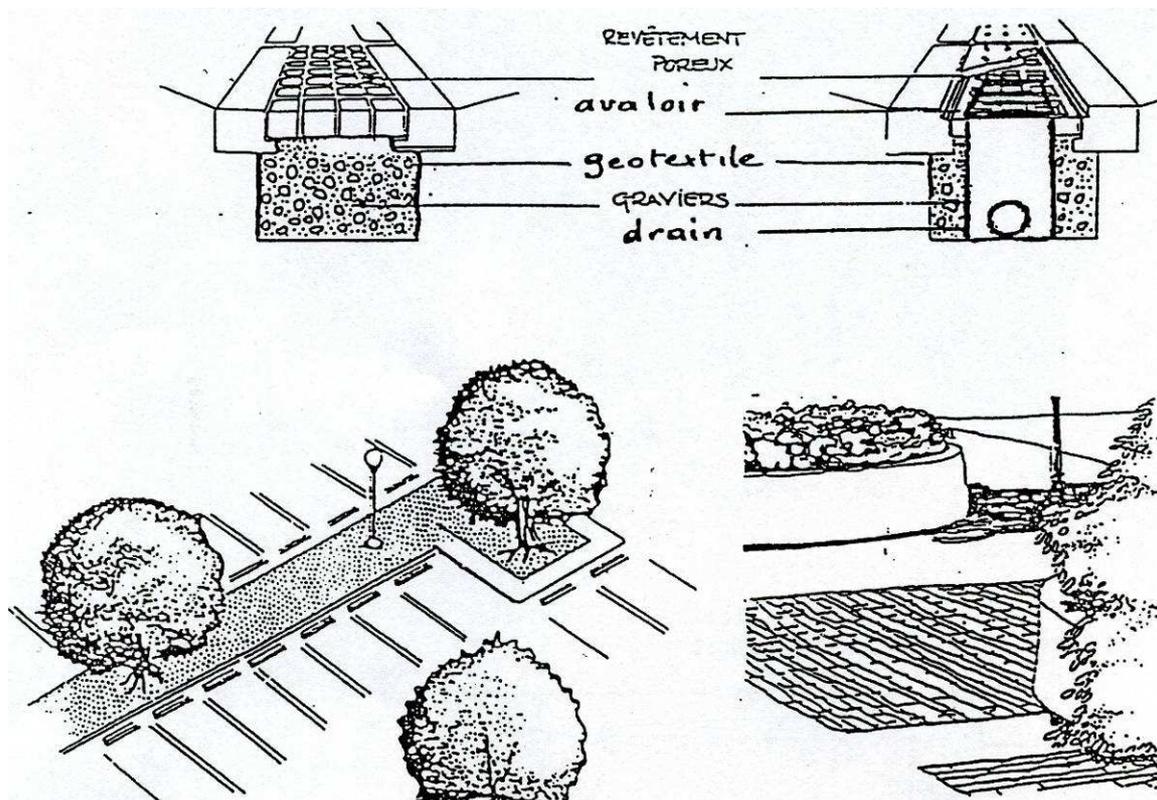


Figure 67 - Les eaux de ruissellement accèdent à la tranchée par la partie supérieure maintenue poreuse, mais si l'on désire maintenir un caractère urbain classique, on pratiquera des avaloirs tous les x mètres prolongés par des drains noyés dans la structure. Ce type d'ouvrage peut s'intégrer à tous les sites (source : Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgogne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages)

<sup>21</sup> L'évacuation se fait de façon classique vers un exutoire prédéfini : un réseau d'assainissement pluvial en général ou par infiltration dans le sol support. Selon leur capacité, ces deux modes d'évacuation peuvent se combiner. Parmi les principaux avantages liés à l'utilisation de cette technique, on peut citer <sup>126</sup> :

- l'insertion facile en milieu urbain avec faible consommation de l'espace
- une bonne intégration au paysage, grâce aux diverses formes et revêtements de surface
- une mise en oeuvre facile et bien maîtrisée.

Le principal inconvénient est lié strictement, comme pour toutes les techniques d'infiltration, au risque de pollution de la nappe suite à une pollution accidentelle.

## 2. Critères pour une bonne réalisation <sup>127</sup> :

- la pente du terrain naturel pour bien positionner soit le cloisonnage, soit l'interception du ruissellement
- les réseaux des différents concessionnaires
- la capacité de l'exutoire
- les critères liés à l'infiltration (perméabilité, profondeur de la nappe, qualité des eaux à infiltrer, usages de la ressource).

<sup>126</sup> Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgogne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages.

<sup>127</sup> Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgogne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages.

### 3. Conception et dimensionnement :

#### 3.1. Les trois principaux types de tranchées :

**Les tranchées le long des voies circulées** peuvent être placées sous le trottoir ou en limite de parking. Dans ce cas, même si l'infiltration dans le sol est possible, il faudra se donner la possibilité de rejeter l'eau retenue vers un exutoire, naturel ou artificiel, au moyen d'un drain. En effet, l'expérience a prouvé que l'infiltration en fond de tranchée diminue à cause du phénomène de colmatage. Pour éviter que le drain mis en place ne s'obstrue également, il fonctionnera successivement en charge et en décharge.

**Les tranchées autour des bâtiments** : aucun colmatage n'est constaté sur les tranchées suivies par le CETE du Sud-Ouest ; il ne semble pas nécessaire de concevoir le rejet vers un exutoire, l'infiltration suffit.

**Les tranchées permettant de réinfiltrer les eaux, de toitures** par exemple : la mise en place d'un drain permettra de répartir les eaux dans toute la tranchée et d'utiliser ainsi toute sa capacité de rétention et d'infiltration dans le sol ; ce drain est non débouchant.

#### 3.2. Conception :

- **Matériaux de surface**

Les matériaux peuvent être variés selon l'usage destiné en surface, ce qui facilite l'intégration de la tranchée au site : elle peut être invisible sous un parking ou un trottoir en revêtement étanche ou drainant qui sert à la circulation des voitures ou des piétons. Recouverte de galets, elle délimite deux lignes de parkings, mais n'est pas circulée. Une ambiance plus végétale peut être créée avec un tapis de gazon sur un géotextile qui empêche la migration de la terre végétale dans la structure, avec des arbres insérés dans des dispositifs anti-racines.

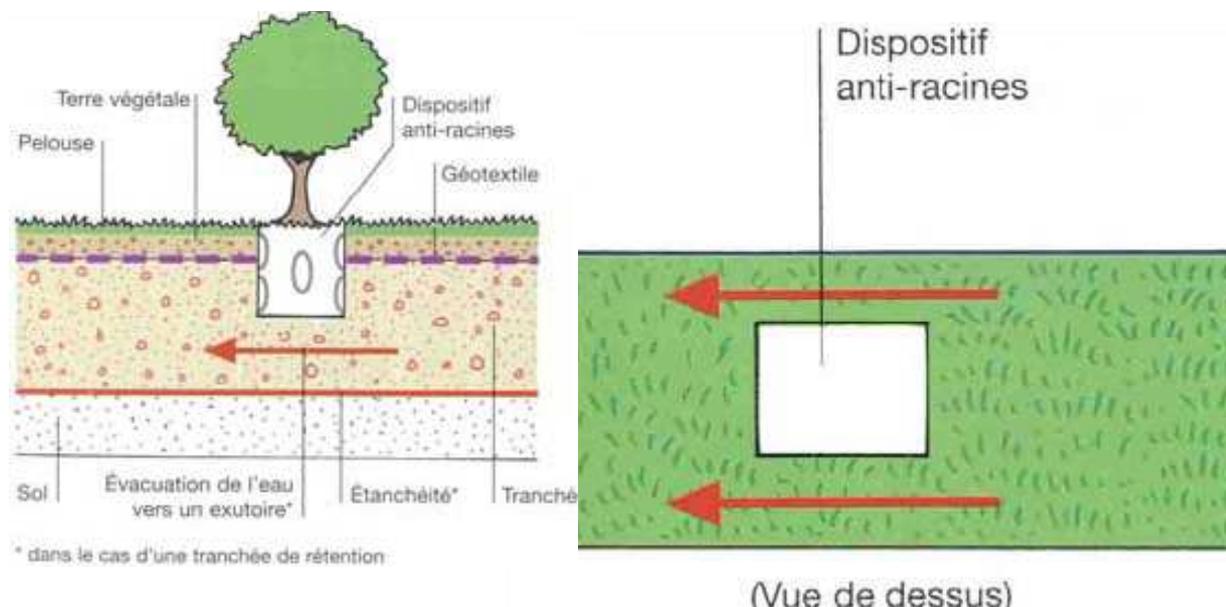


Figure 68 - Réalisation d'une tranchée avec arbre et dispositif anti-racines (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages - CETE du Sud-Ouest)

- **Matériau de remplissage**

Il est choisi en fonction du rôle mécanique et hydraulique qu'on souhaite lui faire jouer.

- Le rôle mécanique dépend des charges en surface et de leur transmission à travers le matériau de surface. Dans le cas d'un parking avec une tranchée sous la dalle de béton, celle-ci répartissant les efforts, le matériau de remplissage ne requiert pas de qualités mécaniques particulières.

- Le rôle hydraulique a pour but de retenir l'eau dans les vides du matériau. En fonction du volume d'eau à stocker, on pourra choisir un matériau de type grave à 30 % de porosité ou un matériau alvéolaire en plastique à plus de 90 % de porosité. Si ce matériau est inutile pour supporter le matériau de surface remplacé par exemple par des grilles, l'intérieur de la tranchée pourra rester vide. Dans certains cas, le matériau de surface et le matériau de remplissage pourront être les mêmes.

### 3.3. Dimensionnement :

La longueur de la tranchée est souvent imposée par le type de projet (tranchée autour d'un ensemble de bâtiments par exemple).

Le volume pourra être déterminé à partir des règles indiquées dans le fascicule II. La section sera définie à partir de ce volume, du matériau de remplissage et des contraintes d'espace. Si les contraintes d'espace sont prépondérantes et fixent les dimensions de la tranchée, le choix du matériau de remplissage permettra d'assurer le stockage du volume d'eau calculé.

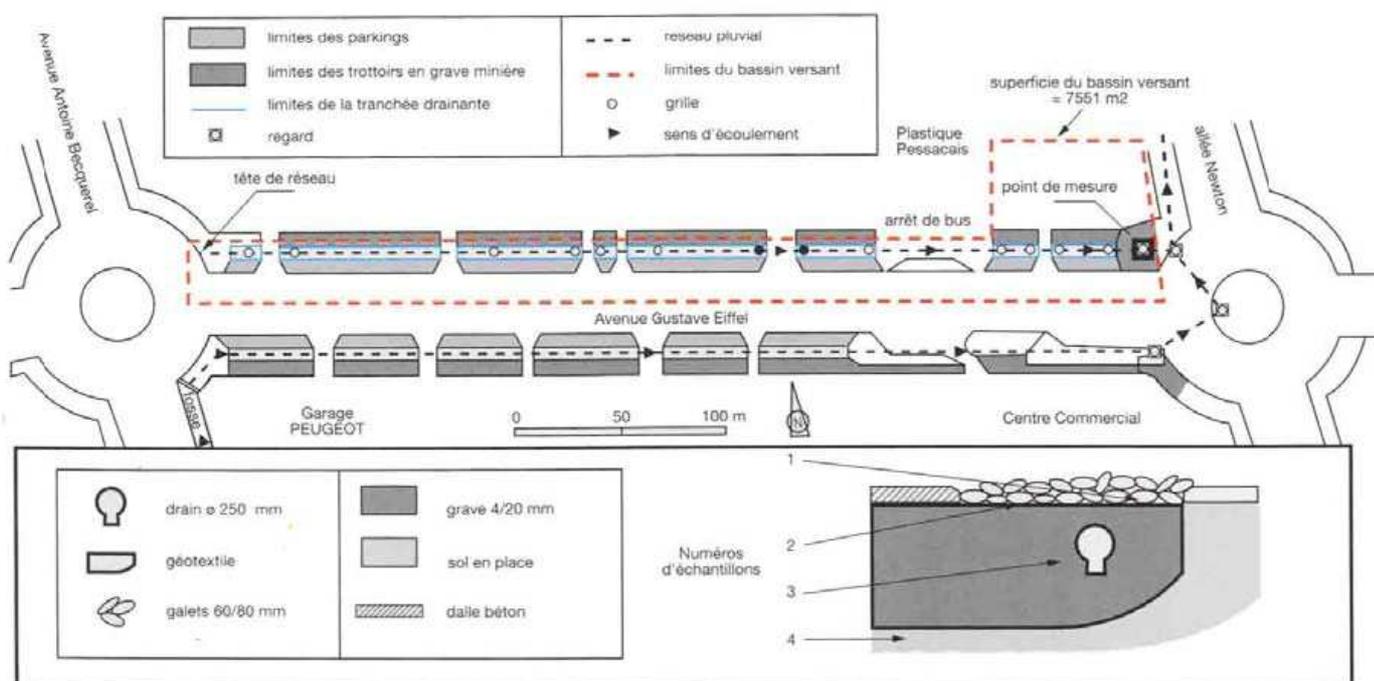


Figure 69 – Tranchée réalisée sur le site d'expérimentation Eiffel (Projet de Recherche de la Communauté Urbaine de BORDEAUX et du CETE du Sud-Ouest, Avenue EIFFEL à PESSAC – 33) (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages)

### 4. Questions sur l'entretien, fréquence :

- Une tranchée nécessite-t-elle un entretien ?

Oui, pour préserver son bon fonctionnement. Le travail d'entretien consiste à ramasser régulièrement les déchets d'origine humaine ou les végétaux qui obstruent les dispositifs d'injection locale comme les orifices entre bordures ou les avaloirs et à entretenir le revêtement drainant de surface. Le géotextile de surface doit être changé après constatation visuelle de son colmatage. Pour les questions concernant le nettoyage des avaloirs, des drains et des revêtements drainants, l'action du gel sur la zone de stockage et le revêtement drainant, on se reportera au modèle de la chaussée à structure-réservoir.

- Quelles pollutions, en quantité et en qualité, retient cette tranchée ?

Les résultats des analyses chimiques réalisées sur le site Eiffel sont réunis dans le tableau ci-dessous. Au regard de la norme NFU 44-041 qui indique la teneur maximale en polluants dans le sol après épandage de boues issues de station d'épuration, on constate que :

- les échantillons les plus pollués, notamment par le plomb, et dans une moindre mesure, par le cuivre, le zinc, les hydrocarbures totaux, sont ceux prélevés sous les galets, au-dessus de la première nappe de géotextile
- le matériau de remplissage est faiblement contaminé en métaux lourds
- le sol support sous la seconde nappe de géotextile ne présente pas de pollution notable. Le rôle de filtre du géotextile est confirmé ainsi que l'absorption sur le matériau de remplissage.

Numéro d'échantillon	M.V. en %	Pb	Cu	Cd	Cr	Ni	Zn	Fe	Al	Mn	Hc
1	8.7	459	76	1.28	39	16	298	14.2	23	189	-
2	5	420	63	0.78	37	17	232	12.2	17.5	178	284
3	2.6	80.4	20	0.34	36	23	93	15.7	46.8	220	-
4	2.6	34.8	5	0.03	26	9.2	18	4.5	46.7	21	< 0.7
Norme NFU44-041(2)	-	100	100	2	150	50	300	-	-	-	-

Figure 70 - Les valeurs du tableau ci-dessus sont données en mg/kg de matières sèches, sauf les matières volatiles en % et l'aluminium en g/kg<sup>2</sup> (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages)

*L'arrêté du 29 août 1988, qui portait application obligatoire d'une partie de la norme NFU 44-041 sur les boues d'épuration considérées comme matières fertilisantes, a été abrogé par l'arrêté du 2 février 1998, suite à la parution de l'arrêté du 8 janvier 1998 qui fixe des valeurs limites deux fois plus sévères que la norme U 44-041 pour les éléments-traces dans les boues. Les valeurs limites en éléments-traces dans les sols restent inchangées.*

## 5. Coût<sup>128</sup> :

Prix indicatif de l'ordre de 60 Euros HT par ml pour un profil de 1 m<sup>2</sup>/ml.

<sup>128</sup> Agence de l'eau Artois-Picardie « **Vers une nouvelle politique de l'aménagement urbain par temps de pluie** » 57 pages.  
ETUDE SUPPORT AU PLAN PLUIES POUR BRUXELLES

## IX. Les toitures terrasses :

### 1. Principes de fonctionnement et avantages <sup>129</sup> :

Cette technique est utilisée pour ralentir le plus tôt possible le ruissellement, grâce à un stockage temporaire de quelques centimètres d'eau de pluie sur les toits le plus souvent plats, mais éventuellement en pente de 0,1 à 5 %. Le principe consiste à retenir, grâce à un parapet en pourtour de toiture, une certaine hauteur d'eau, puis à la relâcher à faible débit.

Sur toits plats, le dispositif d'évacuation est constitué d'une ogive centrale avec filtre, raccordée au tuyau d'évacuation et d'un anneau extérieur, percé de rangées de trous dont le nombre et la répartition conditionnent le débit de décharge ; sur toits en pente, le stockage est également possible, en utilisant des caissons cloisonnant la surface.

Stockage temporaire et vidanges sont assurés par un ou plusieurs organes de régulation ; Ils peuvent être améliorés par la présence d'une protection d'étanchéité en gravillon généralement d'une épaisseur de 5 cm pour une porosité d'environ 30 %, ou par la présence de terre végétale dans le cas des toits jardins.

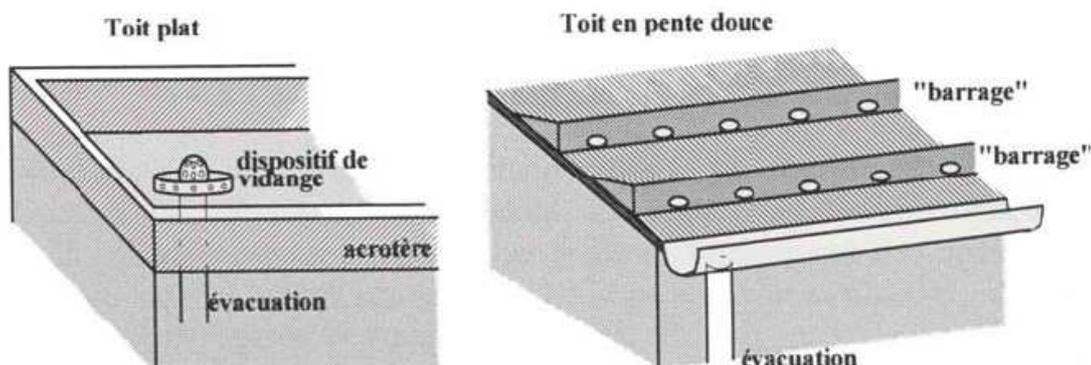


Figure 71 - Principe de stockage d'eau en toiture (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages - STU, 1982 b)

Les avantages spécifiques à cette technique concernent principalement :

- l'intégration de façon esthétique à tous types d'habitats
- un procédé de stockage immédiat et temporaire à la parcelle
- pas d'emprise foncière
- sa mise en oeuvre ne demande pas de technicité particulière par rapport aux toitures traditionnelles, mais sa réalisation doit être soignée
- la diversité de traitements : en herbe, avec un matériau (bois), ...

Il faut noter que cette technique n'entraîne généralement pas de surcoût par rapport à une toiture traditionnelle mais elle nécessite une réalisation très soignée, compte tenu des problèmes d'étanchéité et un entretien

<sup>129</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

régulier. En effet, la surcharge due au stockage de l'eau n'est pas supérieure à celle qui doit être prise en compte au titre de la « surcharge neige ».<sup>130</sup>

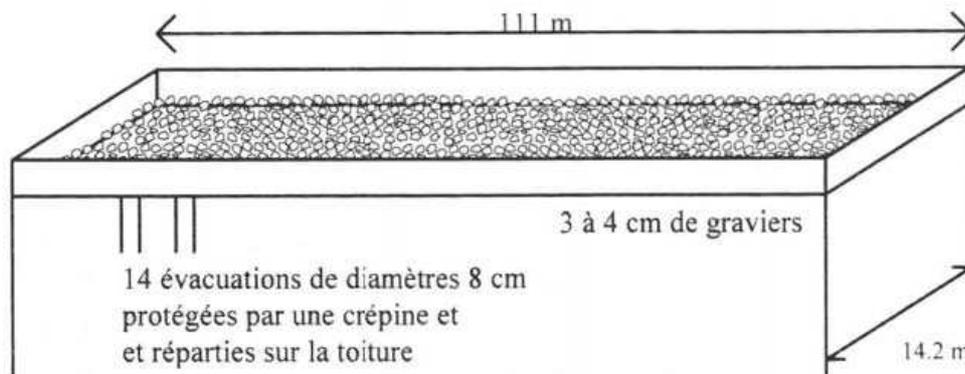


Figure 72 – Schéma type de toiture terrasse (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages)

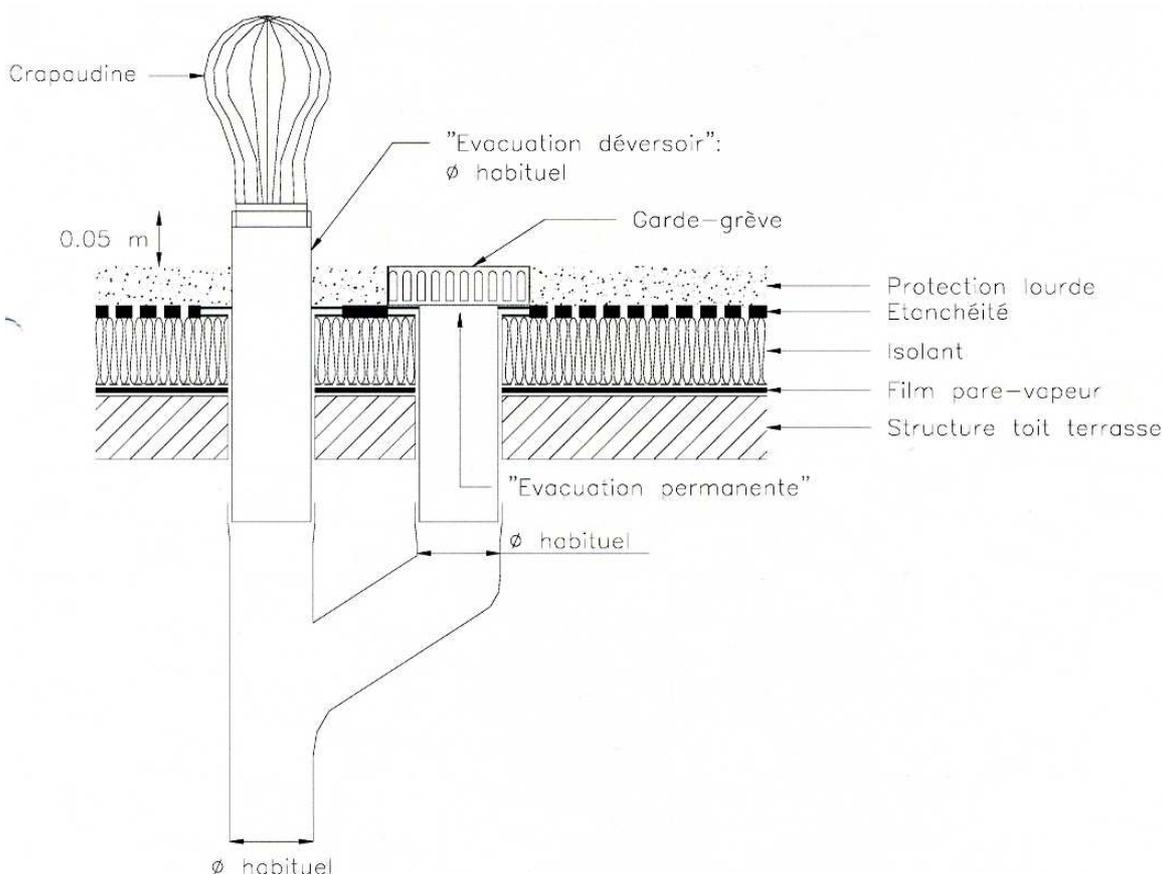


Figure 73 - Coupe type de toiture terrasse (source : Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages)

<sup>130</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

## 2. Critères pour une bonne réalisation :

Compte tenu notamment des problèmes d'étanchéité pouvant être provoqués par la présence d'eau sur le toit, il est impératif de respecter plusieurs conditions nécessaires à l'utilisation de cette technique :

CRITÈRES À VÉRIFIER	
<b>LA PENTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le toit doit être en faible pente, inférieure à 5 %, pour une plus grande efficacité.</li> </ul>
<b>LA STABILITÉ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sur construction existante, la vérification de la stabilité est incontournable compte tenu de la surcharge d'eau.</li> </ul>
<b>L'ÉTANCHÉITÉ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La mise en œuvre de l'étanchéité doit être particulièrement soignée ; le revêtement doit être rigoureusement conforme aux prescriptions de la chambre syndicale nationale de l'étanchéité et du <b>D.T.U. 43.1</b> pour les toitures-terrasses : <ul style="list-style-type: none"> <li>- pas de revêtement mono couche</li> <li>- revêtement par gravillons préconisé.</li> </ul> </li> </ul>
<b>LE CLIMAT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Une grande prudence s'impose en raison du climat très variable entraînant des problèmes de gel et de surcharge notamment. En zone soumise à un climat de montagne, c'est-à-dire selon le DTU 43.1, les zones situées à plus de 900 m d'altitude, il faudra choisir une autre technique pour retenir les eaux pluviales. Notons également que « certaines toitures-terrasses de bâtiments implantés à une altitude inférieure ou égale à 900 m peuvent être considérées comme toitures sous climat de montagne en fonction des conditions micro climatiques particulières. Les documents particuliers du marché en font la mention » (DTU 43.1, chapitre 1.511).</li> </ul>
<b>L'ACCÈS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La toiture doit être inaccessible aux piétons et aux véhicules.</li> </ul>
<b>L'USAGE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les toitures-terrasses techniques telles que définies dans l'article 1.533 du DTU 43.1 ne peuvent pas être utilisées pour la rétention des eaux pluviales.*</li> </ul>

Figure 74 – Critères pour une bonne réalisation (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages)

## 3. Conception et dimensionnement :

Si les conditions d'application vues dans la fiche précédente sont réunies, alors, le dimensionnement se fera en suivant les étapes successives présentées dans la figure ci-dessous :

- **Choisir les éléments constitutants de la toiture, les dimensionner sur le plan mécanique**
- **Réaliser l'étude hydraulique**
- Evaluer le nombre de descentes en se référant au DTU 60.11
- Evaluer la hauteur d'eau à stocker pour permettre une bonne régulation tout en assurant la résistance mécanique de l'ouvrage.

- **Dimensionner les dispositifs de vidange**

Les fournisseurs de ces dispositifs donnent les débits pouvant être évacués; sinon, appliquer les formules classiques d'hydraulique.

- *Peut-on équiper une maison individuelle d'une toiture-terrasse ?*

Cette couverture est plutôt préconisée pour les bâtiments industriels, parfois pour les immeubles, mais il est possible de l'appliquer isolément, par exemple lorsque les règlements d'urbanisme imposent à une parcelle un débit de rejet limité. Un particulier peut hésiter à la réaliser car elle entraîne un léger surcoût (étanchéité soignée, structure pouvant supporter des surcharges), parce qu'il n'a pas l'habitude d'en voir dans son proche environnement, et peut-être aussi pour des questions d'assurance relatives aux dégâts des eaux (dues à la défaillance de l'étanchéité).

- *Pourquoi une technique alternative en hauteur ?*

Pourquoi pas ? Pour stocker l'eau le plus tôt possible et la réguler plus aisément. Parce qu'un facteur important d'imperméabilisation est l'implantation des bâtiments et que la toiture-terrasse est une possibilité supplémentaire. Aussi parce que les toitures traditionnelles, lors de fortes pluies, font souvent office de toits stockants en raison du mauvais entretien des dispositifs de descente d'eau, alors autant les concevoir initialement dans ce but, tout en se gardant la possibilité de réaliser un puits en descente de gouttière.

- *Quelles nuisances occasionnent-elles ?*

Si le stockage de l'eau est de longue durée, il faut craindre une prolifération d'insectes, et des odeurs. Les eaux reçues sont généralement peu polluées, néanmoins des risques de pollution existent soit à cause des produits chimiques utilisés pour le jardinage dans le cas de toit jardin, soit à cause du lessivage de la zone de stationnement dans le cas de toit parking.

#### **4. Questions sur l'entretien :**

La Chambre Syndicale Nationale de l'Etanchéité recommande au minimum deux visites par an : en fin d'automne, pour vérifier que les feuilles des arbres n'ont pas obstrué les descentes, et en début d'été, afin de contrôler le bon fonctionnement des dispositifs de prise d'eau.

## X. Les puits :

### 1. Principes de fonctionnement et avantages :

C'est une technique déjà ancienne qui a été reprise et améliorée pour être appliquée à des sols éventuellement peu perméables qui impliquent des capacités de stockage qui peuvent être importantes. Cette structure peut convenir pour des espaces collectifs ou pour des parcelles privées. Dans les deux cas, le volume à stocker est calculé de façon traditionnelle en adoptant comme débit de fuite la capacité d'infiltration dans le sol support.<sup>131</sup>

Les puits sont des dispositifs qui permettent le transit du ruissellement vers un horizon perméable du sol pour assurer un débit de rejet compatible avec les surfaces drainées, après stockage et prétraitement éventuels.

Dans la majorité des cas, les puits d'infiltration sont remplis d'un matériau très poreux qui assure la tenue des parois. Ce matériau est entouré d'un géotextile qui évite la migration des éléments les plus fins tant verticalement qu'horizontalement. Les puits sont souvent associés à des techniques de stockage de type chaussée-réservoir, tranchée drainante, fossé ou même bassin de retenue, dont ils assurent alors le débit de fuite.<sup>132</sup>

Les avantages spécifiques à cette technique concernent principalement :

- sa simplicité de conception et son coût peu élevé,
- sa large utilisation, de la simple parcelle aux espaces collectifs,

On distingue<sup>133</sup> :

1. *Puisards d'infiltration collectifs* : Ils peuvent revêtir plusieurs formes mais le principe reste identique :

- Réception de l'eau, soit par la surface, soit par des caniveaux ou avaloirs munis de drains de dispersion
- Stockage temporaire
- Evacuation par infiltration dans le sol

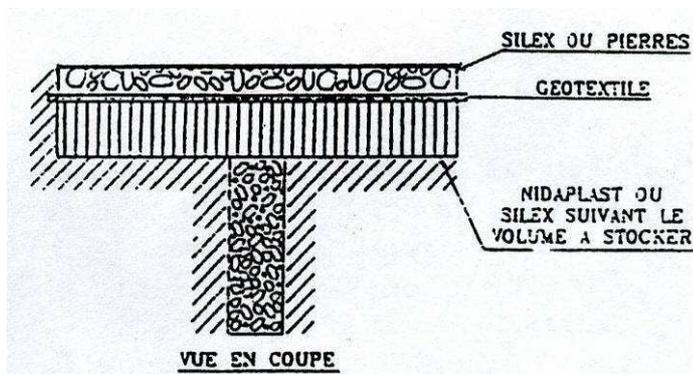


Figure 75 – Possibilité sur laquelle on remarque l'accent mis sur l'entretien et la sécurité vis-à-vis du colmatage éventuel de la zone d'infiltration. Le géotextile qui joue le rôle de filtre peut se changer très facilement puisqu'il n'est protégé que par un lit de galets. La pérennité du système est en principe assurée (source : Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgogne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages)

<sup>131</sup> Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgogne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages.

<sup>132</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

<sup>133</sup> Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgogne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages.

2. *A l'échelle individuelle, souvent dans des zones pavillonnaires* : Conseillés à Bordeaux pour l'évacuation des eaux de toiture, ces puisards occupent en moyenne un volume de 4 m<sup>2</sup> pour une maison de 120 m<sup>2</sup>, ce volume étant bien sûr fonction de la perméabilité du sol. Des abaques fournis par la Communauté Urbaine de Bordeaux permettent aux lotisseurs ou aux particuliers de dimensionner la retenue.

- son entretien est relativement faible
- il convient à tous types d'usages, sauf usages industriels ou présence de fines
- il complète les autres techniques

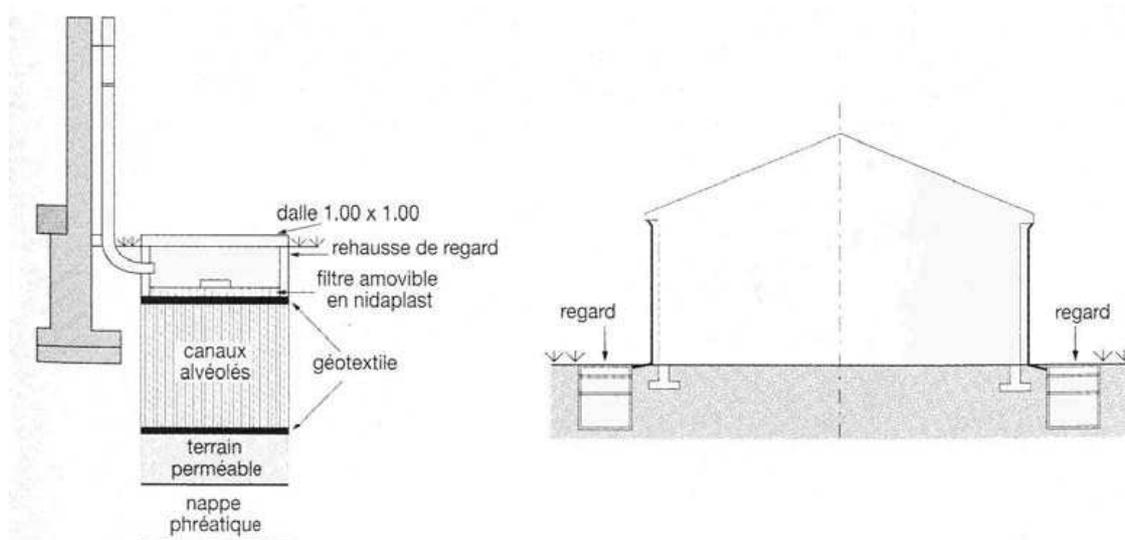


Figure 76 – Exemple de puits d'infiltration de la Communauté Urbaine de Bordeaux (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages - STU)

En semi-collectif où les espaces sont particulièrement réduits, ce type de solution reste possible en combinant l'aspect stockage infiltration à un revêtement de surface permettant une autre utilisation de l'espace (place individuelle de parking, ...)

## 2. Critères pour une bonne réalisation :

CRITÈRES À VÉRIFIER ils concernent tous l'infiltration	COMMENTAIRES
<p><b>LA COMPOSITION DES EAUX À INFILTRER, LES USAGES DE SURFACES DRAINÉES, LES USAGES DE LA NAPPE.</b></p>	<p>Ne pas implanter de puits sur des surfaces très polluées ou pouvant l'être par des pollutions accidentelles (parking poids lourds, station d'essence, certaines zones agricoles, aire de stockage de produits chimiques). Il est conseillé de conserver une épaisseur de 1 m à 1,50 m de matériaux non saturés au-dessus de la nappe.</p> <p>Les matières en suspension peuvent entraîner à long terme le colmatage et imposent alors le nettoyage voire le remplacement du massif poreux de surface. L'emploi d'un géotextile à faible profondeur permet de retenir ces matières. Dans le cas d'un puits comblé, même si le colmatage est plus « réparti », le matériau de remplissage lui-même peut être chargé en fines.</p> <p>Un prétraitement peut être mis en place ; on peut aussi profiter d'une mixité de solutions, chaussée réservoir par exemple, cette dernière jouant alors le rôle de filtre préalable.</p>
<p><b>LE NIVEAU DE LA NAPPE peut limiter l'utilisation des puits</b></p>	<p>Plusieurs puits sur un même site peuvent augmenter localement le niveau de la nappe et les transformer en puits d'injection.</p>
<p><b>LA PERMÉABILITÉ DU SOUS-SOL doit être suffisante (supérieure à <math>10^{-6}</math> m/s), ou bien celui-ci ne doit pas être imperméable sur une trop grande profondeur, ce qui obligerait à implanter des puits trop profonds. Il faut disposer d'un HORIZON PERMÉABLE à une profondeur accessible par les engins de chantier.</b></p>	<p>En terrain karstique, les puits sont fortement déconseillés, voire dangereux : ils peuvent provoquer des effondrements, des fuites d'eau – donc des transferts de pollution – à travers les diaclases ; un risque de dissolution existe aussi par exemple en terrain gypseux.</p>
<p><b>Le projet ne doit pas être situé à l'intérieur d'une ZONE À INFILTRATION RÉGLEMENTÉE (périmètre de protection des zones de captage d'eau potable) OU SENSIBLE sur le plan de la qualité et des usages.</b></p>	<p>L'avis préalable des services d'hygiène (DDASS) ou de la police de l'eau est requis.</p>

Figure 77 – Critères pour une bonne réalisation (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages)

## 3. Conception et dimensionnement :

### 3.1. Conception :

Il ne faut pas s'attacher à donner une forme précise au puits qui peut le plus souvent être assez quelconque; il vaut mieux être attentif au respect des consignes précitées pour éviter les dysfonctionnements. L'étude du projet doit analyser la nature et la perméabilité du sol et du sous-sol, le débit de rejet autorisé, les études des pluies de projet, ainsi que la qualité et la nature des matériaux utilisés.

### 3.2. Dimensionnement :

Il dépend presque uniquement de la perméabilité du sol et du volume à stocker. L'optimisation sera souvent le résultat d'un stockage préalable avec un débit de fuite limité, on est alors ramené à un calcul classique.

L'étude hydraulique permet de déterminer les caractéristiques principales du puits. Un prédimensionnement permet d'étudier les dimensions acceptables, la capacité d'absorption suffisante et la profondeur. Le dimensionnement définitif déterminera son rayon et les dimensions des zones éventuelles de stockage. La démarche à suivre pour le dimensionnement des puits consiste à :

déterminer le volume à stocker, en utilisant les prescriptions indiquées dans le fascicule II, (Dossiers d'autorisation et de déclaration au titre de la loi sur l'eau)

calculer le volume géométrique en fonction des dimensions du puits (rayon et profondeur) et de la porosité du matériau dans le cas d'un puits comblé.

comparer ces deux volumes :

. si le volume nécessaire de stockage est supérieur au volume géométrique, alors il faudra augmenter le rayon ou la profondeur du puits, ou la porosité du matériau, ou le nombre de puits, ou encore créer un stockage supplémentaire ;

. si le volume nécessaire de stockage est inférieur au volume géométrique, alors on peut diminuer le rayon ou la profondeur du puits, ou la porosité du matériau.

• *Comment augmenter la capacité de stockage des puits ?*

En associant au puits d'autres types de techniques alternatives (bassin de rétention, chaussée à structure réservoir, tranchée, noue ...). Cette association est intéressante dans le cas d'un sol superficiel imperméable au-dessus d'une couche plus profonde perméable.

### 4. Questions sur l'entretien, fréquence :

**En préventif** : environ tous les mois pour minimiser le colmatage :

- vider les chambres de décantation
- nettoyer les dispositifs filtrants
- vérifier le système de trop plein (puits creux) ou le tassement de la terre végétale (puits comblé)
- nettoyer les surfaces drainées.

**En curatif** : de deux fois par an à une fois tous les cinq ans lorsque le puits ne fonctionne plus et déborde fréquemment. Il consiste en un curage ou un pompage.

• *Que faire en cas de pollution accidentelle ?*

Un système de prétraitement à l'amont du puits peut limiter ce risque. Si une pollution survient, il faudra la pomper après avoir vidé le puits de ses matériaux.

## XI. L'aide à la décision :

### 1. Diagnostiquer le site avant toute action <sup>134</sup> :

Tout projet d'aménagement nécessite le repérage d'un site approprié et la vérification de sa constructibilité au regard des documents d'urbanisme. Avant d'entreprendre des études financières ou de marché, l'aménageur doit effectuer un diagnostic « objectif » du site qui lui permettra d'en cerner les potentialités et contraintes, notamment par rapport à la gestion des eaux pluviales.

L'aménageur souvent, ne s'en préoccupe que trop tardivement, au moment de l'instruction administrative, donc avec un projet déjà figé. **C'est pourtant dès l'initiation du projet qu'il faut confronter les contraintes hydrauliques et réglementaires afin de trouver ensuite plus facilement des solutions intégrées dans l'aménagement.** Suite à ce diagnostic l'aménageur pourra juger de l'intérêt du projet, de son impact sur l'environnement et de sa viabilité.

### 2. Déterminer les atouts et contraintes du site <sup>135</sup> :

Des données relatives au territoire à aménager et, de façon plus globale, à son bassin versant, sont essentielles pour apprécier les conditions initiales de ruissellement, les potentialités et contraintes offertes par le site.

Sans mener d'étude très approfondie, il est possible, grâce à quelques recherches ciblées, d'apprécier les principaux facteurs intervenant sur les phénomènes d'inondations. Les sources d'information sont nombreuses et, pour la plupart, relativement accessibles. L'importance des investigations dépend fortement du contexte local.

Il s'agit de bien posséder les éléments nécessaires à l'appréhension du fonctionnement hydrologique du bassin versant face à la problématique eau, d'évaluer la vulnérabilité du site par rapport aux risques d'inondation et ses potentialités.

<sup>134</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

<sup>135</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

### 3. Proposer un projet d'assainissement pluvial de qualité :

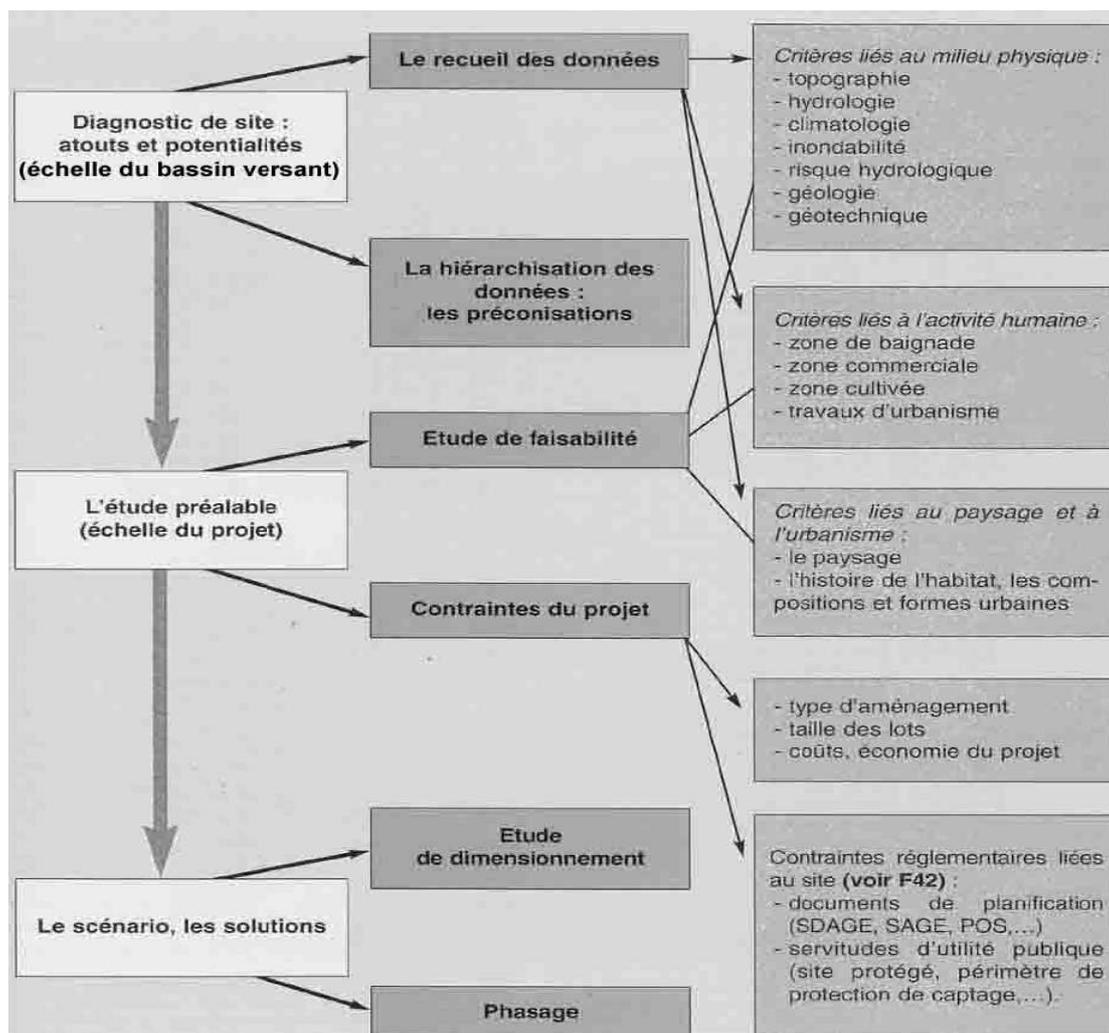


Figure 78 – Ce synoptique, extrait du Mémento pour la gestion des projets d'assainissement [CERTU- 2001], présente l'ensemble d'une démarche fondée sur un diagnostic de site puis des études préalables à l'aménagement et des scénarios d'assainissement pluvial. Cette démarche doit permettre une nette amélioration (globale) des projets d'assainissement pluvial par une prise en compte, dès l'amont des projets, de la problématique eau pluviale, avec la totalité de ses composantes (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages)

### 4. Choix d'une solution compensatoire <sup>136</sup> :

A priori, et par principe, il n'existe pas une solution compensatoire donnée pour un type d'opération d'urbanisme. Sa définition doit prendre en compte les contraintes liées au projet ainsi que celles liées aux différentes solutions compensatoires dont on pourra noter l'interdépendance, à savoir :

- les contraintes techniques : hydraulique, topographique, etc.
- les contraintes sociologiques : insertion dans le site, usage, gestion, etc.

<sup>136</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

- les contraintes économiques : coût de la solution en investissement et entretien.

Dans le but d'aider à la décision pour le choix de la solution compensatoire la mieux adaptée, un tableau synoptique est proposé, établi en fonction des trois variables (chacune pouvant servir de base de départ pour le choix) :

- les différents types d'urbanisation
- les différentes solutions compensatoires
- les contraintes techniques.

Le coût des solutions à mettre en oeuvre pouvant varier suivant le niveau de prestation envisagée, cette contrainte ne sera pas prise en compte ici, mais il est bien évident qu'elle pourra être l'ultime critère de choix entre les différentes techniques répondant aux objectifs de l'opération. En préalable, il est nécessaire de bien définir chacun des termes utilisés dans le tableau ci-après.

#### 4.1. Définition des types d'opération <sup>137</sup> :

- MAISON INDIVIDUELLE = Bâtiment à usage d'habitation construit sur une parcelle, isolée ou issue d'un morcellement.
- RESIDENCE VERTICALE = Immeuble à étages comprenant plusieurs appartements.
- HABITATION LOCATION H.L.M. = Groupement de maisons individuelles réalisées en même temps et conservées pour location par un seul maître d'ouvrage (ex. H.L.M.).
- HABITATION ACCESSION = Groupement de maisons individuelles réalisées en même temps mais destinées à la vente.
- LOTISSEMENT D'HABITATIONS = Morcellement d'une parcelle pour la construction de maisons individuelles, celles-ci étant étalées dans le temps. Dans le tableau de choix, il s'agit, pour les systèmes préconisés, de solutions globales à l'échelle du lotissement pour les eaux pluviales « internes » à chacun des lots créés et pour celles issues des voiries. Il est toutefois possible de les dissocier.
- BATIMENT INDUSTRIEL = Bâtiment à usage industriel, artisanal ou commercial construit sur une parcelle.
- LOTISSEMENT INDUSTRIEL = Morcellement d'une parcelle pour la construction de bâtiments à usage industriel, artisanal ou commercial.
- DOMAINE PUBLIC VOIRIE = Création ou élargissement de voirie, parking, etc. sur domaine public.

<sup>137</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

TYPES DE SOLUTION	TYPES D'OPERATION						
	Maison individuelle	Résidence verticale	Habitation location HLM	Lotissement habitation	Bâtiment industriel	Lotissement industriel	Domaine public voirie
Tranchées d'infiltration (1)	++	++	+ (2)	+++	+ (3)	+ (3)	++ (2)
Chaussées à structure réservoir	+	+++	++	+++	- (4)	- (4)	++ (4)
Bassins secs	- (5)	- (5)	+ (5)	+++	++	++	+
Bassins en eau	- (5)	- (5)	+ (5)	+++	++	++	++
Puits d'infiltration (1)	++	+	+	++	-	-	-
Toits stockants	++	+++	+++	+++	+++ (3)	+++ (3)	-
Noues	-	-	+	+++	-	-	+ (6)

- (1): suivant la géologie, la topographie et les textes réglementaires de zonage  
(2): en soignant l'entretien et en évitant des pratiques pouvant endommager la structure  
(3): uniquement pour les eaux non susceptibles d'être polluées (toit stockant)  
(4): problèmes liés aux poids lourds  
(5): problèmes liés aux coûts fonciers  
(6): concerne les zones à faible circulation.

Figure 79 – Définition des types d'opération (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages)

#### 4.2. Définition des contraintes préalables :

##### LA HAUTEUR DE LA NAPPE

C'est le paramètre le plus important pour toutes les solutions dont le débit de fuite est assuré par infiltration. Le niveau le plus haut de la nappe peut être déterminé, soit directement par piézométrie au printemps, soit par observation des signes de stagnation de l'eau dans le sol dans une tranchée d'observation pédologique. Pour bien fonctionner, les dispositifs d'infiltration doivent se situer en milieu non saturé, dans le cas contraire, les forces de succion deviennent nulles, entraînant la stagnation de l'eau.

##### LA PERMEABILITE DU SOL

Pour les solutions qui privilégient l'infiltration, une partie ou la totalité du débit de fuite est liée à la perméabilité du sol support (exprimée généralement en m/s). Son évaluation repose sur un test réalisé sur le terrain, à partir duquel on détermine la conductivité hydraulique en milieu saturé. Le test le plus simple et le plus rapide est la méthode de Porchet qui tend à se généraliser : il consiste à creuser des trous, à les remplir d'eau afin d'imbiber parfaitement le sol puis à mesurer la vitesse de descente de l'eau.

##### LA TOPOGRAPHIE DU TERRAIN

L'incidence de la topographie peut être particulièrement grande lorsqu'on envisage la réalisation de chaussées à structure réservoir. C'est vrai également dans le cas des tranchées ou fossés drainants ou même encore dans le cas des noues. Pour les fortes pentes, le projet peut ne pas être remis en cause, mais il faudra mettre en place des dispositions constructives permettant d'obtenir de véritables bassins indépendants fonctionnant en cascade.

#### POSSIBILITE D'EXUTOIRE SUR LE RESEAU

Si cette dernière n'existe pas, le choix sera obligatoirement orienté vers une technique d'infiltration. Souvent le rejet s'avère possible mais avec un débit limité, ce qui nécessite des solutions permettant de stocker temporairement l'eau.

#### LE FONCIER

C'est un critère prépondérant en zone urbaine ou péri-urbaine. C'est pour cela d'ailleurs que les techniques classiques de retenue par bassins ouverts disparaissent au profit de solutions permettant une deuxième utilisation de l'espace (parking, voie de circulation, aire de jeu, etc.).

#### TRAFIC : FONCTION DE LA VOIE (à considérer pour les chaussées réservoirs)

Dans ce cas, la structure est directement liée au trafic.

#### CONTRAINTE ESTHETIQUE (pour les solutions qui comportent des stockages visibles) :

Bassins en eau, Bassins secs, Toitures-terrasses, Noues Fossés drainants.

Le choix sera directement orienté par l'environnement que l'on veut créer.

#### ENVIRONNEMENT ET QUALITE DES EAUX

Pour les solutions compensatoires avec rejet par infiltration dans le sous-sol, il faudra être très vigilant sur ce point et considérer :

- La position et la qualité actuelle de la nappe
- Les usages éventuels
- Les risques liés à la présence d'activités polluantes sur le bassin versant considéré
- Le type de desserte (zone industrielle par exemple) si le projet concerne une voie de circulation.

Dans le cas où le risque de pollution serait mis en évidence, il serait indispensable de prévoir un dispositif de sécurité en tête du système d'infiltration.

#### GESTION ET ENTRETIEN

Il n'existe pas de solution qui ne comporte aucun entretien. On sous-estime trop souvent ce paramètre et de nombreux projets ont été des échecs soit :

- Par le dysfonctionnement des systèmes
- Par un perçu très négatif des riverains ou usagers.

On peut citer le cas des petits bassins de retenue mis en place dans les lotissements et qui, non entretenus, ont leur dispositif de sortie obstrué ou bien encore le cas des noues qui deviennent des zones insalubres avec, en fond, de l'eau stagnante.

#### VEGETATION

Ce paramètre est à considérer sous deux aspects, puisque certaines solutions compensatoires peuvent favoriser la pousse des végétaux (infiltration) mais que ces derniers risquent, par exemple, d'entraîner le colmatage d'un revêtement poreux. Si le couvert végétal est trop important, on évitera tous les systèmes où l'injection de l'eau se fait par le revêtement au profit des techniques par avaloirs ou caniveaux qui seront équipés de grilles. Le problème de la chute de feuilles sera à considérer également au moment du choix des dispositifs de régulation des débits qui, pour certains, peuvent s'obstruer trop facilement (orifices calibrés par exemple).

#### ENCOMBREMENT DU SOUS-SOL

En site urbain ou péri-urbain, l'ensemble des réseaux est souvent enterré et mettre en place un aménagement sous la voirie risque de poser des problèmes importants avec un ou plusieurs des concessionnaires. Dans tous les cas, il faudra prévoir un accès facile, non seulement aux réseaux principaux, mais également aux raccordements vers les particuliers. Pour les chaussées-réservoirs avec des matériaux très poreux, il sera nécessaire d'être très vigilant à chaque ouverture de la chaussée pour que, lors de la réfection, la continuité de l'écoulement soit toujours assurée.

#### REUTILISATION DE L'ESPACE

Beaucoup de solutions compensatoires permettent aux surfaces considérées d'assurer une autre fonction, que ce soit de loisir (plan d'eau, aire de jeux...) ou pour la circulation ou le stationnement. Cette autre fonction suppose des contraintes au niveau de l'aménagement, que ce soit d'ordre structurel (chaussée sur matériau alvéolaire par exemple) ou paysager (plantation...).

#### SENSIBILITE A L'EAU DU SOL SUPPORT (paramètre spécifique à la solution chaussée-réservoir)

Si le matériau est susceptible de subir des déformations sous contrainte en présence d'eau, dans la plupart des cas le projeteur sera amené à ne pas retenir une solution par infiltration sur toute la surface. Pour une voirie faiblement circulée (lotissement) et une structure sur-dimensionnée pour augmenter la capacité du

stockage, l'infiltration reste possible et la mise en place d'un géotextile peut être une bonne réponse à ce type de problème. Le sur-dimensionnement du corps de chaussée impose un surcoût dont le montant sera souvent inférieur aux investissements nécessaires pour une collecte en traditionnel des eaux pluviales.

#### □ LES COUTS

L'un des intérêts des systèmes compensatoires d'assainissement pluvial réside dans les économies possibles, en particulier à l'aval d'un secteur à urbaniser. Au niveau même d'une opération, assainir sans tuyau ou avec le moins de tuyaux possible sera généralement plus économique pour le Maître d'oeuvre. Il est pourtant difficile de généraliser et de comparer telle ou telle solution sans étudier le contexte local de l'aménagement. En ce qui concerne les lotissements, les expériences montrent que les solutions rustiques sont les plus économiques, parfois délicates à mettre en oeuvre, mais qu'elles imposent aussi des coûts d'entretien qui peuvent être assez élevés (cfr : tableau ci-après : coût des différentes techniques compensatoires hors foncier 1999 <sup>4)</sup>

## Annexe II : Eléments de conception et de réalisation des techniques <sup>138</sup> :

### I. Le rôle des drains (Normes NFP 16.341 – NF U 51.101 – NFP 16.351)

Le drain est un produit de base pour la plupart des techniques. En effet, il est utilisé :

- Pour la diffusion de l'eau dans les structures et / ou dans les sols (chaussées réservoir, tranchées drainantes),
- Pour le drainage de l'eau du sol support et de la structure réservoir,
- Pour la régulation de débit à l'exutoire.

Sachant qu'il est souhaitable d'avoir la même section de drain en entrée qu'en sortie, on comprend qu'il faut apporter un soin particulier à la conception du projet. Suivant le débit de fuite autorisé, on détermine la section de drain qui sera placée à l'exutoire. On prendra l'hypothèse d'une très faible charge sur ce drain (exemple 0,2 m). En cas de mise en oeuvre de plusieurs drains (disposition en parallèle), le débit total est le cumul des débits de chaque drain.

Pour chaque drain :

$$Q_d = 2 \cdot 100 \cdot D^2 \cdot h + D/2$$

avec Q = débit capable du drain (l/s)  
D = diamètre intérieur du drain (en m)  
h = charge moyenne amont (en m).

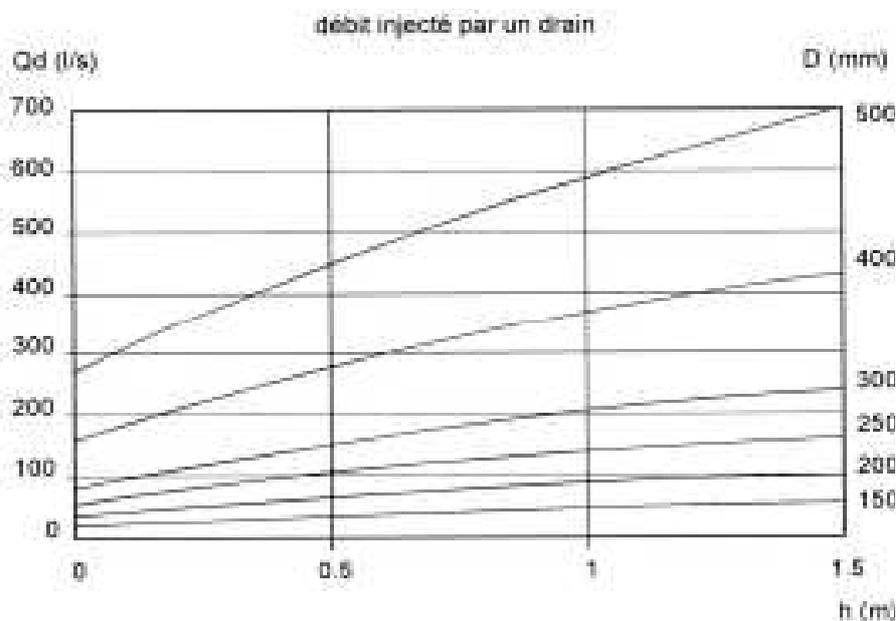


Figure 80 – Débit évacué (capté) par un drain (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2002 « **Les solutions compensatoires en assainissement pluvial - Fascicule III** », laboratoire de Bordeaux – section R.T.U., 2 annexes, 45 pages + 7 pages)

<sup>138</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2002 « **Les solutions compensatoires en assainissement pluvial - Fascicule III** », laboratoire de Bordeaux – section R.T.U., 2 annexes, 45 pages + 7 pages.

On peut également réguler le débit à l'exutoire avec d'autres dispositifs de type orifices ou vannes mais, dans le cas d'une réception de l'eau par des avaloirs ou des regards à grille, l'usage du drain est recommandé. Il permet la **continuité hydraulique nécessaire à l'évacuation des « matières » qui pénètrent dans le système**, limitant en cela les problèmes de gestion et d'entretien : le diamètre de sortie étant fixé, on s'impose en effet la même section de drain en injection depuis un regard de pied de chute de bâtiment ou d'un avaloir par exemple (on retiendra comme charge maximale le regard plein). On est conduit ainsi, si le débit à injecter est important, à multiplier le nombre de drains. Pour un regard à grille d'une capacité de 40 l/s, il faudra, par exemple, 2 drains de diamètre 200 mm avec une charge de 0,50 m.

Toute l'eau recueillie par les drains doit, ensuite, être diffusée par les fentes. Différents types de drains routiers sont disponibles. Les surfaces de diffusion  $s$  (cm<sup>2</sup>/ml) varient dans la fourchette 50 à 200 cm<sup>2</sup>/ml. Le débit diffusé par mètre linéaire de drain est donné par la formule suivante :

$$qf = 0,133 s \cdot h \cdot Qf = L \cdot qf$$

avec :  $qf$  = débit d'échange (en l/s/ml)  
 $qe$  = débit d'évacuation (en l/s)  
 $s$  = surface des fentes (en cm<sup>2</sup>/ml)  
 $h$  = charge moyenne amont (en m)  
 $Qf$  = débit d'échange cumulé (en l/s)  
 $L$  = longueur totale des drains (en m).

Diamètre extérieur	63	75	90	110	125	140	160	200	250	315
Surface captante minimale (cm <sup>2</sup> /m)	40	40	40	50	50	50	80	80	100	100

Figure 81 – Surface captante minimale des tubes (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2002 « **Les solutions compensatoires en assainissement pluvial - Fascicule III** », laboratoire de Bordeaux – section R.T.U., 2 annexes, 45 pages + 7 pages)

Ayant déterminé un dispositif de sortie et un dispositif d'entrée, il reste à assurer le transit de l'eau qui peut se faire par un ou plusieurs drains de sections plus importantes, de façon à en diminuer le nombre.

Dans le cas de chaussées (voirie ou parking) ou de tranchées drainantes en pente, on sera amené à placer des cloisons étanches et à réguler les débits au niveau de chacun des compartiments.

Afin d'éviter que les matières en suspension véhiculées par les eaux pluviales ne pénètrent dans la structure, on préférera l'emploi de drains à cunette étanche qui permettront ainsi le transport des dépôts jusqu'à l'exutoire. Le système d'assainissement ainsi conçu permet, grâce à l'emploi des drains qui fonctionnent dans les deux sens (diffusion et drainage), d'assurer l'auto-nettoyage indispensable pour limiter l'entretien.

## II. Les géotextiles, géomembranes et films d'étanchéité

### 1. Les géotextiles :

#### Caractéristiques :

L'incorporation de géotextiles dans un sol permet d'en améliorer le comportement mécanique et hydraulique.

Le rôle mécanique résulte d'une action de SEPARATION de deux couches de matériaux différents et d'une action de RENFORT : réduction et homogénéisation de la déformabilité, augmentation de la résistance à la rupture.

Le rôle hydraulique résulte d'une action de filtration et de drainage.

Drain de régulation Æ 160 (débit de fuite imposé)

#### Performances :

Les géotextiles ont été répertoriés en 12 classes en fonction des résultats obtenus aux 5 essais suivants :

- Résistance à la traction,
- Allongement à l'effort,
- Résistance à la déchirure,
- Perméabilité,
- Porosité.

C'est la valeur la plus contraignante d'une des caractéristiques qui détermine la classe imposée.

En matière de chaussées à structure réservoir, on utilisera le plus fréquemment deux couches de géotextiles :

- . une couche au contact du sol support
- . une couche au-dessus du matériau servant de réservoir.

Leur position définit leur usage :

- . la première a un rôle d'anticoncontamination et de drainage
- . la deuxième a un rôle d'anticoncontamination et de filtre.

Dans l'hypothèse d'une couche contiguë à une géomembrane, le géotextile a un rôle d'anticoncontaminant.

### 2. Les géomembranes :

#### Caractéristiques :

Un dispositif d'étanchéité type assure trois fonctions principales :

- **Support mécanique**
- **Etanchéité**
- **Protection**

Les 3 grandes classes de matériaux de base utilisés actuellement pour la réalisation de géomembranes sont :

- les polymères synthétiques,

- les produits à base de bitumes : - Bitumes sans polymère,  
- Bitumes modifiés par des polymères.
- les composés bentoniques.

Leur épaisseur est d'environ 1 à 3 mm pour les géomembranes de synthèse et 3 à 6 mm pour les géomembranes bitumineuses. Les procédés de fabrication permettent de distinguer les catégories mono-plis, multi-plis, armées, composées.

	GEOMEMBRANE DE SYNTHESE		GEOMEMBRANE BITUMINEUSE	
	Elastomère	Plastomère	Bitume soufflé	Bitume modifié aux polymères
Comportement général	Elastique		Viscoplastique	Viscoplastique
Comportement sous contrainte imposée	Allongement élastique constant fonction de la contrainte. La déformation disparaît avec la contrainte	Pour une contrainte supérieure au seuil d'écoulement, il se produit des déformations partiellement irréversibles après cessation de contrainte	Même comportement que les plastomères avec une valeur différente pour le seuil.	Même comportement que les élastomères avec limite élastique.
Comportement sous allongement imposé	Reste sous tension	Relaxation partielle de la contrainte	Relaxation de la contrainte	Reste sous tension
Influence d'une température élevée	Faible	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Souplesse à froid	Très bonne	Bonne, variable suivant les produits	Assez bonne	Bonne à très bonne suivant nature et teneur des polymères
Soudure thermique	Impossible si réticulé	Très facile	Très facile	Très facile
Soudure par solvant	Impossible si réticulé	Possible suivant produits	Sans objet	Sans objet
Collage	Facile	Facile à difficile	Facile	Facile
Vulcanisation	Possible	Sans objet	Sans objet	Sans objet

Figure 82 – Performances du comportement des membranes (source : Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2002 « **Les solutions compensatoires en assainissement pluvial - Fascicule III** », laboratoire de Bordeaux – section R.T.U., 2 annexes, 45 pages + 7 pages)

Si l'emploi de géomembranes s'impose pour certaines solutions très contraignantes en terme d'étanchéité, ce n'est pas toujours le cas, en particulier pour les chaussées à structure réservoir, pour les tranchées et pour les noues. On peut, dans ce cas, utiliser des produits ou des complexes beaucoup moins coûteux qui ne sont pas des géomembranes au sens de la norme. Il s'agit de films d'étanchéité le plus souvent protégés par des géotextiles. Ce complexe, beaucoup moins coûteux qu'une géomembrane, convient très bien dans la plupart des utilisations autres que bassins.

### III. Les dispositifs de régulation <sup>139</sup> :

Le débit de fuite de la solution compensatoire doit respecter les conditions de rejet imposées. Il est donc nécessaire de mettre en place une régulation soit par drain calibré, soit par un ajustage selon le type de réservoir prévu en amont. L'orifice de l'ajustage est installé dans un ouvrage de régulation (voir schémas de principe ci-après)

#### 1. Principes de fonctionnement :

- **Schéma 1** : Ouvrage de régulation réalisé en béton et en matériaux inoxydables. Ce dispositif qui a fait ses preuves sur de nombreuses réalisations présente cependant l'inconvénient d'être d'un coût élevé. Il sera mis en place à l'aval des réservoirs de stockage dans les cas où un dégrillage des eaux est nécessaire avant l'orifice calibré (bassins à ciel ouvert...)

L'ouvrage est composé de trois compartiments : une partie décantation, une partie régulation protégée par une grille et une partie contrôle du débit de fuite donnant accès à l'orifice d'ajustage protégé par un système anti-retour.

---

<sup>139</sup> Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

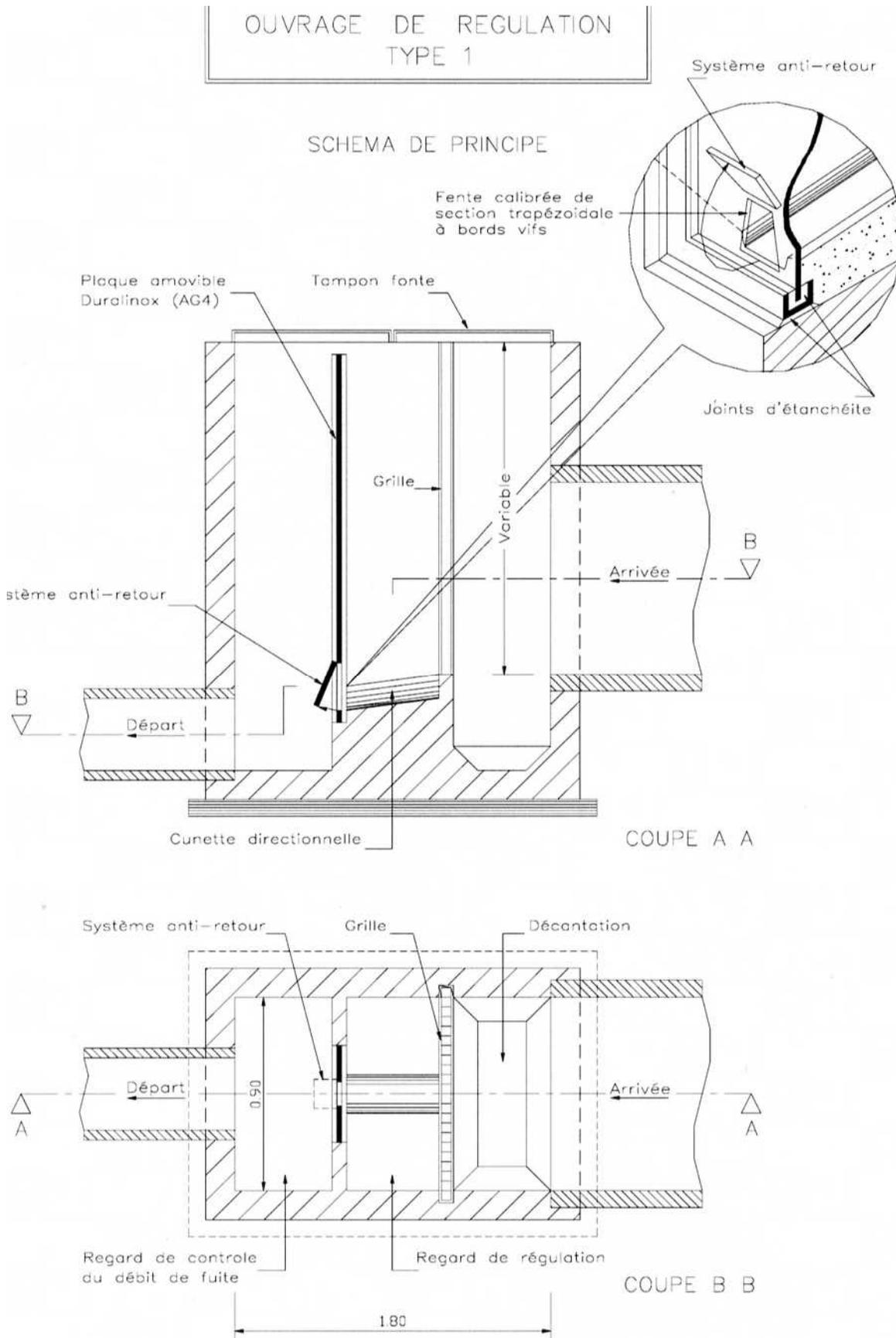
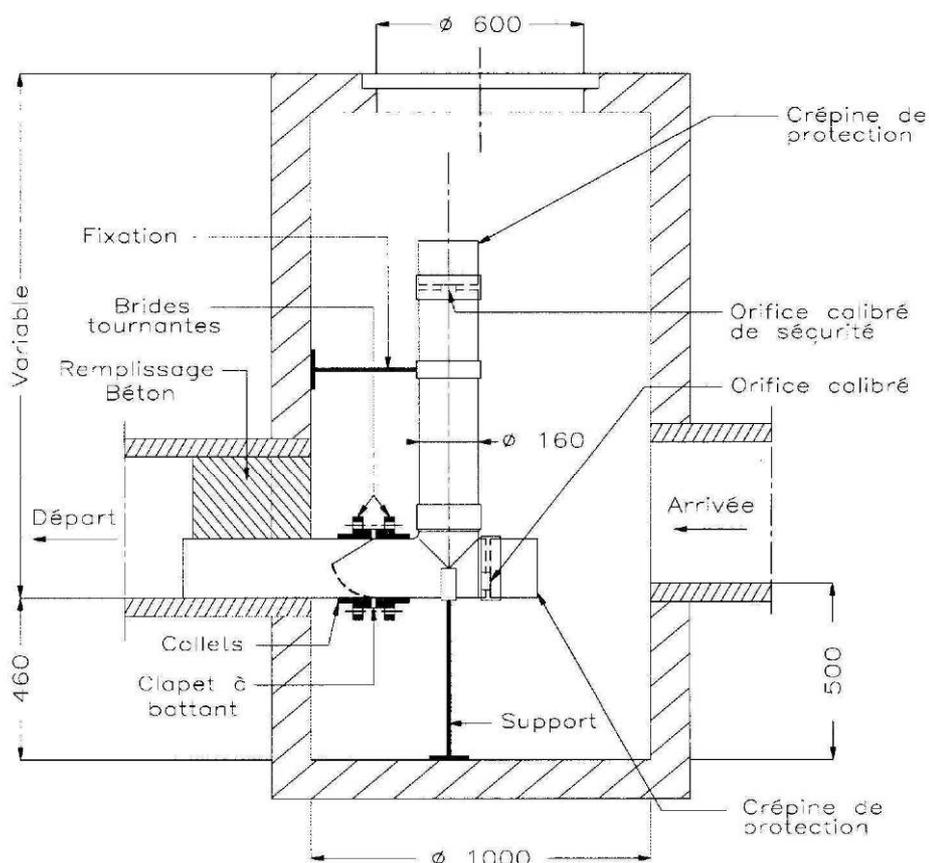


Figure 83 : Schéma 1 (source : Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages)

- **Schéma 2** : Ce modèle simplifié a été mis au point afin d'optimiser les coûts. Mis en place dans un regard de diamètre 1000 mm, l'ouvrage est composé d'éléments préfabriqués P.V.C. du commerce (série 8 – 10 bars)

L'ouvrage est composé des éléments suivants : un clapet anti-retour qui permet d'éviter le retour des eaux de l'aval dans la solution compensatoire muni de brides tournantes pour permettre un démontage facile du dispositif et un système régulation composé de deux orifices calibrés protégés par une crépine destinée à arrêter les déchets flottants véhiculés par les eaux pluviales (le premier situé en bas dans l'alignement du collecteur d'arrivée permettant la régulation du débit lors des événements pluvieux / le second situé en partie supérieure, identique au premier, intervenant en sécurité en cas de colmatage de l'élément bas)

L'orifice de régulation doit faire l'objet d'un entretien régulier, la mise en service de la sécurité conduisant à une mise en charge de la solution compensatoire, diminuant ainsi la capacité de stockage. Cet ouvrage sera mis en place à l'aval des structures réservoirs qui ne comportent pas de grilles ni de bouches d'absorption.



COUPE AA

Figure 84 : Schéma 2, coupe AA (source : Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages)

Dans le cas des tranchées drainantes et des chaussées réservoirs, le dispositif de régulation par drain est recommandé. Ce même système peut également être utilisé pour l'exutoire de noues avec le drain positionné sous une couche de matériau drainant qui assure le rôle de filtre.<sup>140</sup>

<sup>140</sup> Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2002 « **Les solutions compensatoires en assainissement pluvial - Fascicule III** », laboratoire de Bordeaux – section R.T.U., 2 annexes, 45 pages + 7 pages.

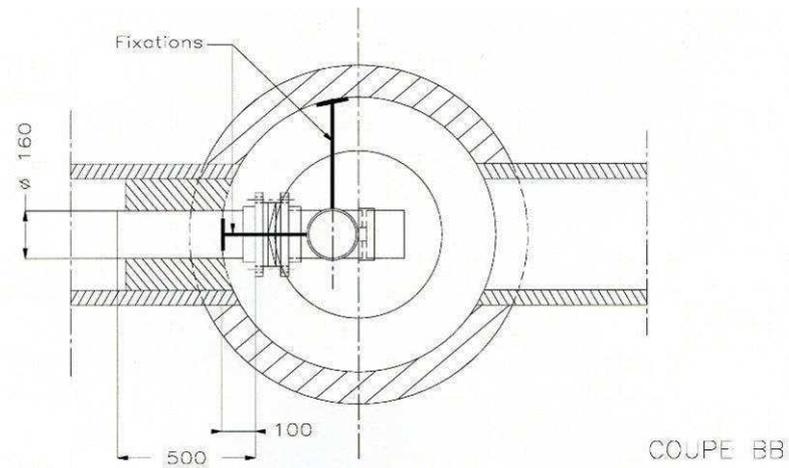


Figure 85 : Schéma 2, coupe BB (source : Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999  
« **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages  
+ 32 pages)

## BIBLIOGRAPHIE :

### I. Documents de référence pour Bordeaux :

#### 1. Documents en version électronique

Communauté urbaine de Bordeaux, 2003 « **L'eau dans la vie de la Communauté urbaine de Bordeaux** » Dossier, la revue de la communauté urbaine de Bordeaux N°1, 31 pages.

Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2004 « **Guide méthodologique pour la prise en compte des eaux pluviales dans les projets d'aménagement – Fascicule I** » 68 pages.

Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée « **Dossiers d'autorisation et de déclaration au titre de la loi sur l'eau - Fascicule II** » Volets A et B, 30 pages.

Missions et délégation Inter-Services de l'eau des départements Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, 2002 « **Les solutions compensatoires en assainissement pluvial - Fascicule III** », laboratoire de Bordeaux – section R.T.U., 2 annexes, 45 pages + 7 pages.

Agence d'urbanisme Bordeaux métropole Aquitaine, 2003 « **Plan local d'urbanisme de la communauté urbaine de Bordeaux** » Synthèse des travaux thématiques - Contribution à l'élaboration du PLU communautaire, page 83.

Direction Départementale de l'Équipement « **Plan de Prévention du Risque Inondation, règlement - Aire élargie de l'agglomération Bordelaise** » 38 pages.

Direction Départementale de l'Équipement « **Plan de Prévention du Risque Inondation, rapport de présentation - Aire élargie de l'agglomération Bordelaise** » 41 pages.

#### Présentations PPT :

\* Pierre Bourgoigne, 2006 « **Les actions de lutte contre les inondations pluviales** » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, présentation PPT, 79 pages.

\* Pierre Bourgoigne « **Les solutions compensatoires compensent-elles encore ? 20 après... sur la Communauté Urbaine de Bordeaux** » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, présentation PPT, 27 pages.

\* Direction Départementale de l'Équipement de la Gironde, 2005 « **Dispositif d'accompagnement de la mise en œuvre du PPRI** » 19 pages.

\* Direction Départementale de l'Équipement de la Gironde, 2005 « **Dispositif d'accompagnement de la mise en œuvre du PPRI** » Outil d'aide à l'instruction, 23 pages.

\* Direction Départementale de l'Équipement de la Gironde, 2005 « **connaître et comprendre le risque inondation** » 18 pages.

#### 2. Documents papier

Bordeaux métropole, communauté urbaine de Bordeaux, 1999 « **Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial – guide de réalisation** », 3 annexes, 91 pages + 32 pages.

Plaquettes publiées par la Communauté Urbaine de Bordeaux:

\* Communauté Urbaine de Bordeaux, 2006 « **Bassin de stockage et de dépollution des eaux pluviales - La Grenouillère** » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement, fascicule de 6 pages.

- Communauté Urbaine de Bordeaux « **Ramses – Régulation de l'Assainissement par Mesures et Supervision des Equipements et Stations** » fascicule de 8 pages.
- Communauté Urbaine de Bordeaux, « **La Devèze** » Direction technique de l'assainissement et de l'environnement, fascicule de 6 pages.
- Communauté Urbaine de Bordeaux, « **Rive droite – lutte contre les inondations** » Direction des services techniques de l'assainissement et de l'eau, fascicule de 6 pages.
- Communauté Urbaine de Bordeaux, « **L'Ars** » Direction des services techniques de l'assainissement et de l'eau, fascicule de 6 pages.

Jean-Daniel Balades et Pierre Bourgogne « **L'exemple de la Communauté Urbaine de Bordeaux en assainissement pluvial** » CETE du Sud-Ouest et Communauté Urbaine de Bordeaux, 8 pages.

Communauté Urbaine de Bordeaux « **Plan des zones d'inondations recensées** » Direction Opérationnelle de l'Eau et de l'Assainissement.

Communauté Urbaine de Bordeaux pôle opérationnel « **Cahier des clauses Particulières : Décolmatage de voiries à revêtement poreux sur le territoire communautaire** » - Marchés publics de fournitures courantes et services, 11 pages.

Lyonnaise des eaux Suez, 2005 « **Rapport d'intempéries – orage du 9 septembre 2005** » Centre moyens techniques, 33 pages.

## II. Documentation valant pour la France :

### 1. Documents en version électronique

#### **Mieux gérer les eaux pluviales**

Les techniques alternatives d'assainissement  
(dossier Envirhonalpes / Région Rhône-Alpes)

#### **Plan de prévention des risques naturels (PPR)**

Risques d'inondation (ruissellement péri-urbain) / note complémentaire – risques naturels majeurs  
(Ministère de l'écologie et du développement durable)

#### **Centre-ville en zone inondable / Prise en compte du risque**

Dix exemples d'adaptation du bâti – risques naturels majeurs  
(Ministère de l'écologie et du développement durable)

#### **La gestion durable des techniques alternatives en assainissement pluvial**

Synthèse technique  
(Ecole nationale du génie rural des eaux et des forêts / Communauté Urbaine de Lyon)

#### **Guide de gestion des eaux de pluie et de ruissellement**

(Communauté d'Agglomération du Grand Toulouse / Service Assainissement)

**Adopta : La gestion durable des eaux pluviales – fiches techniques : Le puits d'infiltration ; La tranchée drainante ; La noue ; La structure réservoir avec revêtement classique ; La structure réservoir avec revêtement poreux ; La bouche d'injection ; La structure réservoir avec matériaux synthétiques ; Fiche de cas**

#### **Adopta : Boîte à outils des techniques alternatives**

#### **Connaître pour agir**

Techniques d'hydraulique douce : Maîtriser le ruissellement urbain à sa source  
(Agence régionale de l'environnement de haute-Normandie)

#### **Connaître pour agir**

Techniques d'hydraulique douce : De nouvelles conceptions face aux inondations et à la pollution  
(Agence régionale de l'environnement de haute-Normandie)

**Collectivités locales et ruissellement pluvial**

Version finale du 7 juillet 2006

(CERTU : Centre d'étude sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques)

**Aide au choix d'une stratégie d'assainissement pluvial**

(Centre d'Etudes techniques de l'équipement du Sud-Ouest / Journées LCPC – EAU, Paris 2003)

**III. Documents de référence pour Lille :****1. Documents en version électronique**

Lille Métropole Communauté Urbaine « **La contribution des territoires** » - Annexes au schéma directeur de développement et d'urbanisme de Lille Métropole, 36 pages.

Lille Métropole Communauté Urbaine, 2005 « **Règlement d'assainissement** » 81 pages.

Lille Métropole Communauté Urbaine « **Schéma Directeur de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole** » 49 pages.

Agence de l'eau Artois-Picardie « **Vers une nouvelle politique de l'aménagement urbain par temps de pluie** » 57 pages.

source administrative : Eurostat, source Communes : MEGRIN, Population Data : Eurostat, **Document cartographique**

**Site Internet** : [www.lillemetropole.fr](http://www.lillemetropole.fr) - Lutte contre les inondations.

**2. Documents papier****La gestion des eaux de ruissellement**

Lille Métropole Communauté Urbaine « **Assainissement : rapport annuel sur le prix et la qualité du service public** » - Station d'épuration de Wattrelos-Grimonpont, 165 pages.

Lille Métropole Communauté Urbaine « **Eau potable : rapport annuel sur le prix et la qualité du service public** » - Château d'eau de Villeneuve d'Ascq, 93 pages.

**IV. Documents de référence pour Tournai :****1. Documents en version électronique**

Gouvernement de la Région wallonne, Présentation PPT « **Le Plan PLUIES I - Prévention et Lutte contre le Inondations et leurs Effets sur le Sinistrés – 1<sup>ère</sup> partie** » 11 pages.

Gouvernement de la Région wallonne, Présentation PPT « **Le Plan PLUIES II - Prévention et Lutte contre le Inondations et leurs Effets sur le Sinistrés – 2<sup>ème</sup> partie** » 12 pages.

Ministre-Président Jean-Claude Van Cauwenberghe (2004) « **Plan « PLUIES » Lutte contre les inondations et leurs effets sur les sinistrés, Bilan après un an** » Conférence de presse à Namur, centre administratif du MET, 3 pages.

« **Note au Gouvernement wallon - Objet : Plan « PLUIES » - Plan pluriannuel global et intégré** » (2004), 12 pages.

Gouvernement de la Région wallonne GTI (2005) « **Le Projet cartographie des zones d'inondation de Wallonie** » 6 pages.

Site Internet : [www.wallonie.be](http://www.wallonie.be) – DGATLP, « **Deuxième partie, la DGATLP, ses objectifs** - Chapitre 4, renforcer l'attractivité des villes et villages – zones inondables, analyse AFOM ».

Site Internet : [www.tournai.be](http://www.tournai.be) - Ville de Tournai (2004) « **Schéma de Structure Communal** »

Gouvernement de la Région wallonne (2006) « **Cartographie de l'aléa d'inondation par débordement de cours d'eau** - District hydrographique « Escaut » - Sous-bassin hydrographique « Escaut-Lys », partie « Escaut », Annexe 1 - Notice méthodologique », 10 pages

Gouvernement de la Région wallonne (2006) « **Cartographie de l'aléa d'inondation par débordement de cours d'eau** - District hydrographique « Escaut » - Sous-bassin hydrographique « Escaut-Lys », partie « Escaut », Annexe 2 - Notice explicative », 8 pages

## 2. Documents papier

« **Tournaisis - Architecture rurale de Wallonie** », Pierre Mardaga Editeur, 200 pages.

## GLOSSAIRE :

### Charge polluante :

masse de polluant transitée en un point pendant une durée donnée (24 h par exemple) ou un événement particulier.

### Coefficient d'apport ou de restitution :

rapport du volume ruisselé au volume précipité sur un territoire pour un niveau d'événement donné ; prend en compte, outre les superficies strictement imperméabilisées, les apports dus aux surfaces «naturelles» ; augmente pour un même terrain, avec l'occurrence de la pluie considérée; notion intégrant la capacité réservoir d'un sol. (pris égal au coefficient de ruissellement pour une occurrence de 10 ans, négligeant ainsi les apports dus aux surfaces non imperméabilisées)

### Coefficient d'imperméabilisation ou de ruissellement :

rapport de la superficie strictement imperméabilisée à la superficie totale d'un terrain.

### Débit de fuite :

débit considéré au point de rejet de la superficie desservie.

### Débit de fuite spécifique :

débit moyen restitué à l'exutoire d'un bassin versant, rapporté à sa superficie, pour une occurrence donnée, caractérisant sa capacité de restitution.

### Déversoir :

système installé sur un ouvrage (bassin de retenue par exemple) et permettant d'évacuer l'excédent de débit lorsque le niveau de l'eau dépasse une valeur donnée.

### Evènement décennal :

événement dont la période de retour est de 10 ans.

### Hydrographie :

Ensemble des cours d'eau et des lacs d'une région, d'un bassin fluvial.

### Imperméabilisation :

action anthropique associée à l'urbanisation et due à la couverture des sols par des revêtements interdisant le passage de l'eau.

### Inondation :

Une inondation est une submersion plus ou moins rapide d'une zone avec des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement variables. Elle est due à une augmentation du débit d'un cours d'eau provoquée par des pluies importantes et durables.

On distingue généralement trois types principaux d'inondation :

**-LES INONDATIONS LENTES** apparaissent une dizaine d'heures ou plus après la pluie (par débordement de cours d'eau) et sont caractéristiques des régions de plaine.

**-LES INONDATIONS RAPIDES OU CRUES TORRENTIELLES** surviennent très rapidement après la pluie et concernent plus particulièrement les bassins versants accidentés en montagne ou situés sur les bords de plateaux.

**-LES INONDATIONS PAR RUISSÈLEMENT URBAIN**, lorsque les réseaux d'évacuation ne suffisent plus, résultent d'orages intenses sur des surfaces péri-urbaines ou urbaines, souvent largement imperméabilisées ; elles sont de plus en plus fréquentes. D'autres types d'inondations existent, tels que remontées de nappe, coulées de boues torrentielles, submersion marine.

### Intensité de pluie :

rapport du volume d'eau tombée pendant une durée donnée sur une surface donnée (en mm/h ou mm/mn)

### Limiteur de débit :

dispositif destiné à limiter le débit de rejet d'un aménagement.

Période de retour :

Notion statistique. Intervalle de temps moyen séparant deux occurrences d'un événement caractérisé par une variable aléatoire unique dont l'estimation dépend de la durée de la série chronologique d'événements utilisée. Exemple : période de retour d'une pluie donnée caractérisée par son intensité moyenne en un point particulier ou sa lame d'eau moyenne sur une surface donnée ; période de retour d'un débit donné en un point particulier d'un réseau.

Pollution des rejets urbains par temps de pluie :

Pollution déversée par temps de pluie dans les milieux récepteurs et provenant soit du ruissellement sur les surfaces urbaines, soit des réseaux d'assainissement, qu'ils soient unitaires ou séparatifs. La pollution des eaux de ruissellement a pour principale origine : l'usure des revêtements de chaussée, la circulation automobile, l'usure des pneumatiques, les gaz d'échappement et les fuites d'huile, le lessivage des voiries et parkings, les déchets divers sur voiries et parkings, la pollution de la pluie qui nettoie l'atmosphère.

Récurrence :

La récurrence d'une inondation est liée à une période de retour de débits de crues, ce qui implique des calculs statistiques sur une série historique de débits ou sur une série synthétique reconstituée à partir de mesures de précipitations via un modèle hydrologique intégré. En cas d'indisponibilité des données nécessaires aux calculs statistiques, la récurrence peut être définie par l'évaluation, sur base d'observations et d'enquêtes de terrain, de l'occurrence d'inondations. Trois catégories de récurrence sont utilisées sur base de périodes de retour de débits de crues : la récurrence faible pour les inondations dont la période de retour se situe entre 50 et 100 ans, la récurrence moyenne pour les inondations dont la période de retour se situe entre 25 et 50 ans, et la récurrence élevée pour les inondations dont la période de retour est inférieure à 25 ans.

Régulateur de débit :

dispositif permettant de maintenir le débit de fuite à une valeur constante.

Réseau d'assainissement :

Ensemble des canalisations qui transportent les eaux usées et/ou pluviales depuis leur point d'entrée dans le réseau jusqu'à leur point de rejet dans une unité de traitement (station d'épuration) ou dans le milieu naturel.

Solutions compensatoires :

Les solutions compensatoires, ou techniques alternatives, sont toutes les techniques permettant de compenser les effets que le ruissellement ferait subir à l'environnement existant. Elles évitent que l'évacuation instantanée des eaux et leur concentration rapide ne provoquent des inondations à l'aval par saturation des réseaux et permettent d'écarter le débit de pointe généré par une pluie : l'eau est stockée localement et restituée progressivement, à faible débit, dans le réseau aval, au moyen d'un ouvrage hydraulique de régulation. Elles sont essentiellement préconisées dans le cas de nouvelles constructions. Le stockage momentané est réalisé en amont des collecteurs.

Submersion :

La submersion d'une inondation est caractérisée principalement par son étendue et sa profondeur. Sa détermination nécessite l'utilisation de modèles hydrauliques où la topographie des lits mineurs et majeurs des cours d'eau est reproduite numériquement. En cas d'indisponibilité des données nécessaires à l'utilisation des méthodes hydrauliques, la submersion est caractérisée par son étendue en appliquant la méthode dite des « courbes enveloppes », basée notamment sur des informations issues des cartes topographiques et pédologiques numérisées. Trois catégories de submersion sont utilisées sur base de la profondeur de submersion : la submersion faible, dont la profondeur est inférieure à 0,3 mètre, la submersion moyenne, dont la profondeur se situe entre 0,3 et 1,3 mètres, et la submersion élevée, dont la profondeur dépasse 1,3 mètres.

Surface active :

superficie théorique caractérisant le degré d'imperméabilisation d'un terrain.

Temps de concentration :

temps mis par l'eau, sur un bassin versant, pour parcourir la distance entre le point le plus éloigné (en temps d'écoulement) de l'exutoire et ce dernier.